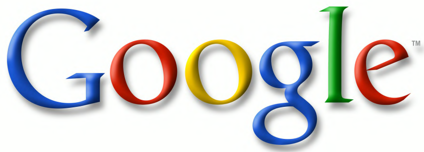
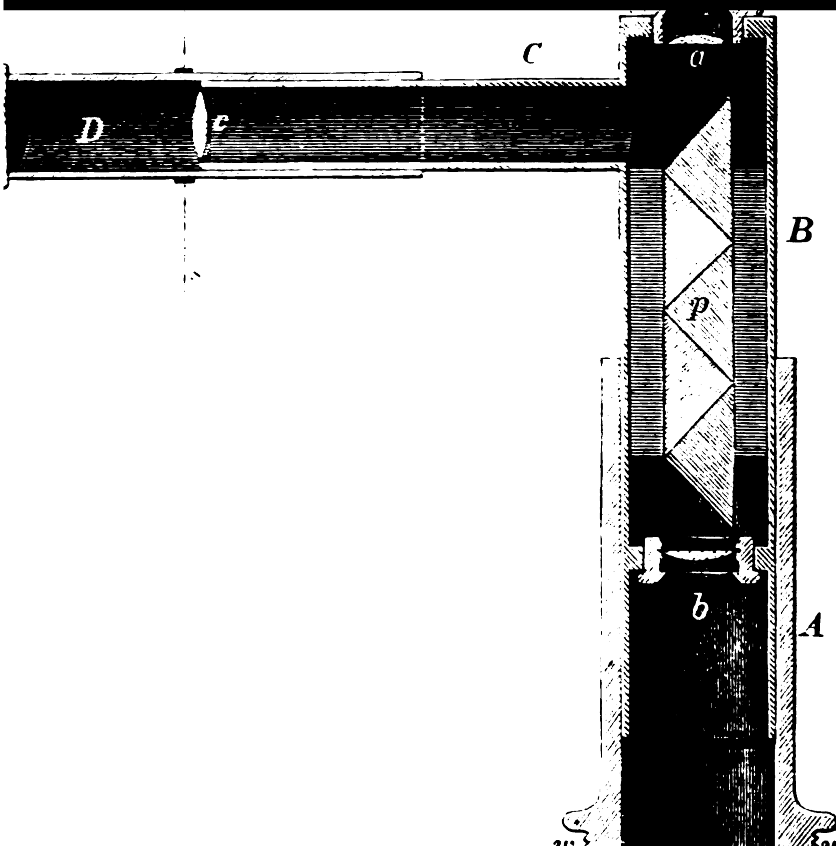
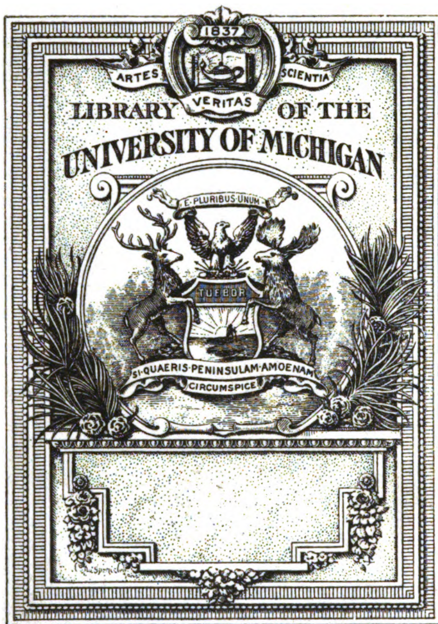




Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte auf den Gebieten ...


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Jahrbuch
der
Erfindungen
und
Fortschritte auf den Gebieten
der
Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Dr. H. Gretschel, Professor an der Bergakademie zu Freiberg.

und

Dr. G. Wunder, Professor an der höhern Gewerbschule zu Chemnitz.

Elfter Jahrgang.





Mit 59 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1875.

Vorwort.

Der elfte Jahrgang des Jahrbuchs der Erfindungen, welchen wir hiermit den Freunden naturwissenschaftlicher Forschung übergeben, gleicht in Umfang und Haltung so sehr dem vorhergegangenen, daß es überflüssig erscheint, in dieser Hinsicht weitere Bemerkungen vorauszuschicken.

Dagegen ist in den Personen der Verfasser des Jahrbuches ein Wechsel zu verzeichnen. Herr Professor Dr. Hirzel in Leipzig, der in den ersten zehn Jahrgängen den chemischen Theil bearbeitet hat, sah sich in Folge vermehrter Berufsgeschäfte außer Stande, dem Jahrbuche ferner seine Zeit und Kraft zuzuwenden. An seiner Stelle hat nun der mit unterzeichnete Professor Dr. Wunder die Bearbeitung des chemischen Theiles übernommen.

Möge auch dieser Jahrgang eine gleich freundliche Aufnahme finden, wie seine Vorgänger und seinen bescheidenen Theil beitragen zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

Freiberg und Chemnitz, Ende October 1875.

Die Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Physik und Meteorologie.

Chemie und chemische Technologie.

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Die neuentdeckten Planeten des Jahres 1874.

Das verflossene Jahr 1874 hat uns dieselbe Anzahl neuer Körper aus der Schaar der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter kennen gelehrt, wie das vorhergehende, nämlich sechs.

Der Planetoid (135), Hertha genannt, wurde am 18. Februar von C. H. F. Peters auf dem Litchfield-Observatorium des Hamilton-Collegs in Clinton, New York, entdeckt und am 24. von dem Entdecker weiter beobachtet. Später ist er auch in Europa beobachtet worden, so am 26. Februar von Bruhns in Leipzig, am 6. und 7. März von Borrelly in Marseille.

Die Entdeckung der beiden nächsten Planetoiden verdanken wir Joh. Palisa, dem Director der neuerrichteten Marinesternwarte in Pola. Derselbe fand am 18. März die Austria (136), ein Sternchen 11,5ter Größe, und am 21. April den Planetoiden (137), etwa 12ter Größe, dem v. Littrow in Wien den Namen Meliböa beigelegt hat. Beide sind später auch von andern Beobachtern aufgefunden worden, so wurde die Austria vom 21. bis 28. März in Leipzig, 27. und 29. März in Marseille, Meliböa am 22. April in Berlin, am 24. in Leipzig beobachtet.

Planetoid (138), Tolosa, wurde am 19. Mai von Perrotin in Toulouse als Stern 11,5ter Größe entdeckt, auch

in der folgenden Nacht und am 1., 4., 6., 7. Juni von demselben, sowie vom 20. bis 24. Juni von Borrelly in Marseille beobachtet.

Planetoid (139) wurde am 10. October in Peking von James C. Watson dem Astronomen der Sternwarte von Ann Arbor, Michigan, entdeckt, welcher sich der Beobachtung des Venusdurchgangs halber in China aufhielt.

Der Planetoid (140) endlich, der vom österreich. Viceadmiral Freih. von Pöck den Namen Siwa erhielt, wurde am 13. October von Palisa entdeckt und am folgenden Tage weiter beobachtet, anfangs aber für Vala (131) gehalten. Er wurde nachher am 19. und 27. October auch in Berlin beobachtet.

Die großen Planeten und ihre Monde.

Venus. — Die Besprechung des Venusdurchganges durch die Sonne einer ausführlicheren Darstellung vorbehaltend sei hier nur der ringförmigen Erscheinung dieses Planeten Erwähnung gethan. Prof. C. S. Lyman hat schon im Jahre 1866 die Venus zur Zeit ihrer untern Conjunction in Form eines zarten leuchtenden Ringes beobachtet; in dem Maße nämlich, wie der Planet sich der Sonne näherte, rückten auch die Spitzen der Lichtsichel näher und näher an einander, bis sie endlich zusammentrafen. Die gleiche Erscheinung hat nun Lyman am 8. Dec. v. J. gegen 4 Uhr Nachmittags wieder beobachtet,*) nicht ganz 4 Stunden vor Beginn des Durchganges. Die Beobachtung erfolgte mit einem fünffüßigen Teleskop von Clark, dessen Oeffnung (4 2/3 Zoll engl.) auf 1 1/2 Zoll reducirt war, während die Sonne durch ein entferntes Gebäude verdeckt wurde. Nach dem Durchgange war der Himmel leicht bewölkt und es konnte die Beobachtung nicht wiederholt werden. Dagegen wurde am 10., 11. und 12. Dec. die Ausdehnung der Sichel gemessen und aus diesen Messungen wurde die Horizontal-Refraction der Venusatmosphäre = 44′5, also etwa um ein Viertel größer als die der Erdatmosphäre, abgeleitet. Aus den Beobachtungen von 1866 fand Lyman 45′3, während Mädler

*) Silliman's American Journal, January 1875. — Philos. Magazine, February, 1875, p. 159.

aus Messungen der Hörner von 1849 den Werth 43′7 berechnet hat.

Der Durchmesser der Venus wurde von Lyman aus 6 Messungen am 10. Dec. = 63″1, aus 24 Messungen vom 11. Dec. = 63″75 gefunden. Der englische Nautical Almanac giebt dafür 62″4, der amerikanische 64″5.

Sichtbarkeit der dunkeln Hälfte der Venus. Die unbeleuchtete Hälfte des Planeten sendet bisweilen ein aschfarbenes Licht aus und wird auf diese Weise sichtbar. Nach einer Zusammenstellung von Dr. Safarik*) haben 21 Personen diese Erscheinung beobachtet, davon 12 mehr als einmal. Ueber die Hälfte dieser Beobachtungen gehörten den letzten 12 Jahren an; Safarik hält daher die Erscheinung für gewöhnlich und glaubt, daß sie bei gehöriger Aufmerksamkeit und mit hinlänglich lichtstarken Fernröhren bei jeder untern Conjunction der Venus zu beobachten ist. Die erste von Safarik aufgefundene Beobachtung dieses aschfarbenen Lichtes ist von Derham 1712 gemacht, spätere rühren von Bode, Christian Mayer, W. Herschel, Schröter her, die letzten sind von Winnecke und Klein aus dem Jahre 1871. Klein macht darauf aufmerksam, daß man dieses Licht durch eine Beleuchtung der Nachtseite des Planeten von Seiten eines Mondes erklären kann. Er hält die Frage nach der Existenz eines Venusmondes zur Zeit noch für eine offene.

Mars. — Durch theoretische Betrachtungen ist Amigues**) darauf geführt worden, zwei Stadien der Bildung dieses Planeten anzunehmen. Im ersten bildete sich aus der rotirenden flüssigen Masse ein fester Kern; im zweiten wurden kosmische Massen angezogen, die sich auf dem Kerne niederschlugen und eine flüssige Hülle bildeten, deren specifisches Gewicht nach Amigues 1,54 von der des Kernes sein muß, um die Größe der Abplattung zu erklären.

Uranus. — Von Interesse ist die Bemerkung, daß dieser Planet, der den Alten unbekannt war, gleichwohl unter günstigen Umständen dem bloßen Auge sichtbar wird. Heis fand am 21. December 1848 bei Durchmusterung des Sternbildes der Fische einen Stern 6. Größe, der mit den Sternen

*) Gaea. Herausgegeben von Herm. J. Klein. Jahrg. 1874. S. 154.
**) Comptes rendus, 1874 juin 1, p. 1557.

88 und ζ ein gleichseitiges Dreieck bildete und den er nirgends als Fixstern angegeben fand. Die Vergleichung mit der Ephemeride des Uranus zeigte, daß er mit diesem Planeten identisch war. Ebenso fand am 14. Mai vorigen Jahres Julius Schmidt in Athen nördlich von Sterne δ im Krebse einen Stern 6. Größe, etwa so hell wie der Stern η dieses Sternbildes, der sich gleichfalls nachträglich als der Uranus herausstellte.*)

Auf eine eigenthümliche Gesetzmäßigkeit in der Zunahme der Entfernungen der Planeten von der Sonne, im Verhältniß zu ihren Umlaufszeiten und der Rotations-Zeit des Centralkörpers hat Dr. Albrecht Troska in dem Werke „Neue Hypothesen. Astronomische Abhandlung“ (1873) aufmerksam gemacht.**) Sind nämlich A, B, C drei aufeinander folgende Planeten, u_1, u_2, u_3 ihre Umlaufszeiten, r_1, r_2, r_3 ihre Abstände von der Sonne, so gilt näherungsweise die Proportion

$$u_2 - u_1 : u_3 - u_1 = r_2^2 : r_3^2.$$

Z. B. für die Planeten Jupiter, Saturn, Uranus hat man $u_1 = 4333$ Tage, $u_2 = 10759$ Tg., $u_3 = 30687$ Tg., also $u_2 - u_1 = 6426$ und $u_3 - u_1 = 26354$ Tg., das Verhältniß beider Zahlen ist 1:4,10. Die Entfernungen des Saturn und Uranus von der Sonne sind 9,539 und 19,183 Erdbahnhalbmesser, und das Verhältniß der Quadrate derselben ist 1:4,04. Bei Uranus und Neptun findet man für die beiden Verhältnißzahlen die Werthe 2,47 und 2,45, bei Jupiter und Saturn 3,34 und 3,36, wenn man im letzteren Falle einen mittleren von den kleinen Planeten (Juno) zu Grunde legt. Weniger genau stimmen die Zahlen bei den der Sonne näheren Planeten. Man bekommt nämlich folgende Werthe für die beiden Verhältnisse:

Juno — Jupiter	4,02	und	3,80
Mars — Juno	3,82	„	3,07
Erde — Mars	3,30	„	2,32
Venus — Erde	2,02	„	1,90
Merkur — Venus	3,17	„	3,46

---

*) Heis, Wochenschrift für Astronomie ꝛc. 1874, S. 208.

**) Vergl. den Bericht von Galle in Heis' Wochenschrift, 1874, S. 318.

Trotz dieser Abweichungen ist es nach Galle denkbar, daß diese Regel immerhin auf eine, vielleicht im Laufe der Zeit alterirte, Gesetzmäßigkeit hindeutet. Auch bei den Satelliten der obern Planeten scheint diese Regel zu bestehen, wiewohl hier die Abweichungen theilweise noch größer sind.

Der Mond der Erde. — Eine neue Mondkarte hat der Director der Sternwarte in Athen, Dr. Julius Schmidt, vollendet. Sie hat 2 Meter Durchmesser und giebt alle Einzelheiten der Oberfläche unseres Trabanten mit einer bisher unerreichten Genauigkeit und Feinheit der Zeichnung wieder. Es handelt sich jetzt nur noch um Auftreibung der Kosten zur Vervielfältigung dieser Karte, die das Ergebniß 34jähriger Arbeit ihres Verfassers in Bonn, Olmütz und Athen ist.

Die Existenz der Mondatmosphäre, von den älteren Beobachtern von Hevel herab bis auf Schröter vielfach angenommen, aber auch mehrfach, z. B. von William Herschel bestritten, ist neuerer Zeit ganz geleugnet worden. „Die Vergleichung der beiden Werthe des Mondhalbmessers, welche man einerseits aus directer Messung, andererseits aus der Dauer des Verweilens vor einem Fixsterne während der Bedeckung ableiten kann, lehrt, daß das Licht eines Fixsternes in dem Augenblicke, in welchem letzterer den Mondrand berührt, nicht für uns merklich von seiner geradlinigen Bewegung abgelenkt wird. Wäre eine Strahlenbrechung am Rande des Mondes vorhanden, so müßte die zweite Bestimmung den Halbmesser um das Doppelte derselben kleiner ergeben als die erste.“ Mit diesen Worten giebt Bessel in Nr. 263 der Astron. Nachr. den entscheidenden Grund gegen die Existenz einer Mondatmosphäre an, die mehr als den 900sten Theil unserer irdischen beträgt. Im Gegensatz hierzu hat neuerdings Neison auf einige Umstände aufmerksam gemacht, welche nach seiner Meinung für die Existenz einer Mondatmosphäre zu sprechen scheinen.*) Aus 35 Beobachtungen des Verschwindens am dunklen Mondrande findet er nämlich eine Correction des Durchmessers = — 1″7 und aus 20 Beobachtungen des Wiedererscheinens an demselben Rande eine solche von 0″36. Andererseits gaben 11 Beobachtungen des Verschwindens und 10 des Wiedererscheinens am hellen Mondrande

*) Monthly Notices of the Royal Astr. Soc. 1873, XXXIV, p. 6.

die Correctionen + 1″81 und + 1″31. Neison will nun seine Berechnungen auf ein größeres Beobachtungsmaterial ausdehnen. Vorläufig aber macht er darauf aufmerksam, daß sich die Erscheinung durch Annahme einer Mondatmosphäre von etwa $\frac{1}{300}$ der Dichte unserer irdischen erklärt. Eine solche würde nämlich am dunkeln Rande eine horizontale Refraction von einer Secunde verursachen, während dieselbe am andern Rande nicht halb soviel betrüge. Dieser Unterschied wäre aber genügend zur Erklärung der beobachteten Differenz zwischen dem aus directen Messungen und dem aus Sternbedeckungen abgeleiteten Monddurchmesser.

Endlich müssen wir noch auf ein Werk über den Mond aufmerksam machen, welches von James Nasmyth und James Carpenter veröffentlicht worden ist.*) Nach den Zeichnungen, die er sich auf Grund seiner langjährigen Beobachtungen angefertigt, hat Nasmyth zunächst Modelle construirt, welche bei intensiver seitlicher Beleuchtung denselben Anblick gewähren, wie die Mondobjecte selbst. Die Photographien dieser Modelle geben scharfe, naturgetreue Bilder, während die Vergrößerung kleiner Mondphotographien immer eine in der Natur nicht vorhandene Weichheit der Umrisse erzeugt. Besondere Aufmerksamkeit wird den Kratern, den bekannten Strahlensystemen und den schwieriger sichtbaren Rillen zugewandt. Nasmyth und Carpenter sind der Ansicht, daß der Mond von jeher ohne Luft und ohne Wasser gewesen ist, daß daher bei der Bildung seiner Oberfläche Gase und Wasserdämpfe, die bei unseren heutigen Vulkanen eine so wesentliche Rolle spielen, nicht mitgewirkt haben. Als wirksames Princip bei der Bildung der Oberfläche betrachten die Verfasser die Eigenschaft vieler Körper, namentlich des Gußeisens, der Schlacken und Laven, sich auszudehnen, wenn sie aus dem geschmolzenen Zustande durch Erstarren in den festen übergehen. Wenn nun die Erstarrung im Innern vorschreitet, so ist die äußere Erstarrungskruste nicht mehr geräumig genug, die ganze Masse zu fassen, sie zerspringt daher und die innern Massen werden ausgeworfen. Die im Stadium lebhaftester Thätigkeit ausgeworfenen Massen bilden rings um den Schlund,

*) The Moon, considered as a Planet, a World and a Satellite. With 24 illustrative plates of lunar objects, phenomena and scenery, and numerons woodcuts. London, Murray. 1874.

durch den der Ausbruch erfolgt, den äußeren Kraterrand. Hat dann die Thätigkeit nachgelassen, so fallen die Auswürflinge näher am Schlunde nieder und bilden den innern Centralkegel, den man bei den Mondkratern fast immer findet. In einem noch späteren Stadium erfolgen Lavagüsse von dem Centralkegel herab, die den Boden des alten Kraters mehr und mehr ausfüllen. Rücksichtlich der Wallebenen schließen sich Nasmyth und Carpenter der Ansicht von Dana an, der darauf hingewiesen hat, daß wahrscheinlich bei ihnen wie beim Kilauea, die Lava wohl blos in wallender Bewegung war und indem sie allmälig ein immer größeres Gebiet überfluthete, eine Art Krater von bedeutender Ausdehnung bildete. Die Entstehung der hellen Strahlensysteme hat Nasmyth schon vor längerer Zeit durch ein Experiment erläutert. Eine mit Wasser vollständig gefüllte, verschlossene Glaskugel wird in heißes Wasser gebracht. In Folge der Ausdehnung des eingeschlossenen Wassers zerspringt die Glaskugel und man kann nun eine Menge Sprünge beobachten, die von einem Punkte aus nach den verschiedensten Richtungen laufen, ganz ähnlich wie die Strahlensysteme auf dem Monde.

Jupitermonde. — Die wiederholt beobachtete Erscheinung, daß die Monde des Jupiter immer dunkler erscheinen, je näher sie der Mitte der Planetenscheibe kommen, erklärt Dr. Herm. J. Klein in Cöln,*) entgegen der von Steven Alexander ausgesprochenen Ansicht (voriger Jahrg. des Jahrb. S. 26), durch die verschiedene Helligkeit der verschiedenen Theile der Jupiterscheibe einestheils und die relativ geringe Helligkeit der Monde anderntheils. Wegen der dichten Atmosphäre erscheinen nämlich die Randpartien des Jupiter weniger hell, als die centralen, wie man schon daraus sieht, daß die dunkeln Streifen gegen die Mitte hin sehr matt werden und die Flecken schon in 60° Abstand vom Centrum fast verschwinden. Nun ist nach Zöllner die Albedo des Jupiter im Mittel 0,6238 ± 0,0355, während diejenige der Monde nach Engelmanns Messungen zwischen 0,0792 (vierter Mond) und 0,2665 (zweiter Mond) liegt. Wenn nun ein Mond vom Rande aus nach den centralen Theilen des Planeten vorrückt, so wird der Hintergrund, vor dem er steht,

*) Astron. Nachrichten Nr. 2014. Vergl. auch die Ansicht von Flammarion: Comptes rendus, 1874 déc. 21, p. 1490.

immer heller; er selbst wird daher immer dunkler erscheinen. Ob er ganz verschwindet oder nicht, das hängt von der Beleuchtung der Stellen ab, über welche er hingeht. Die von John Tebbutt beobachtete Erscheinung, daß der dritte Mond fast ebenso dunkel erschien, wie der Schatten des ersten, glaubt Klein durch die Ausstrahlung eignen Lichtes vom Jupiter erklären zu können, wofür manche Erscheinungen sprechen.

Die Uranusmonde. — Im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. ist erwähnt worden, daß in Melbourne und Washington die vier von Lassell beobachteten Uranusmonde wieder aufgefunden und daß die beiden innersten, Ariel und Umbriel, schon von W. Herschel gesehen worden sind. Es ist dem noch ergänzend beizufügen, daß nach Prof. Holden's Zurückrechnungen, die sich auf Newcomb's Beobachtungen am Clark'schen Refractor in Washington stützen, William Herschel den Ariel sicher im Jahre 1798, wahrscheinlich auch 1790 gesehen hat, den Umbriel aber sicher 1801, wahrscheinlich 1793 und möglicherweise 1790 und 1794.

Die Kometen des Jahres 1874.

Das Jahr 1874 hat uns sechs neue Kometen gebracht, darunter auch einen für das unbewaffnete Auge sichtbaren.

Der Komet I. wurde am Morgen des 21. Februar von Prof. Winnecke in Straßburg als eine matte, nur schwer sichtbare Lichtscheibe von 2 Min. Durchmesser im Sternbilde des Luchses entdeckt. Am 22., bei sehr schöner Luft, sah Winnecke häufig einen Stern 11. Größe im Kern aufblitzen, auch vermuthete er eine äußerst schwache, der Sonne abgewendete Schweifspur von 2 Min. Länge.

Aus den Beobachtungen von Straßburg vom 21., von Pola und Wien vom 24. und 25. Februar hat Dr. Leopold Schulhof in Wien folgendes Elementensystem berechnet:

Zeit des Perihels .	T	= 1874 März 9.95342	mittl. Berl. Zeit
Länge = = . . .	π	= 300° 36′ 04″2	mittl. Äq. 1874. 0
= des aufsteigenden Knotens .	☊	= 31 31 18 2	mittl. Äq. 1874. 0
Neigung der Bahn .	i	= 58 17 14 5	mittl. Äq. 1874. 0
Periheldistanz . . .	q	= 0.043939.	

Bewegung direct.

Bemerkenswerth ist die große Annäherung des Kometen an die Sonne; zur Zeit seines Perihels war er nicht ganz 900000 geogr. Meilen von der Sonne entfernt. Er steht in dieser Hinsicht dem Hind'schen Kometen von 1847 nahe, für welchen (nach Hornstein) q = 0,04259 war. Nur bei wenigen Kometen ist die Periheldistanz noch kleiner; es sind dies

Der große Komet von	1680 . . . q = 0.00622	nach	Encke,
„ „ „ „	1689 . . . q = 0.01893	„	Ed. Vogel,
„ Komet V „	1826 . . . q = 0.02689	„	Gambart,
„ große Komet I „	1843 . . . q = 0.00554	„	Hubbard,
„ Komet I „	1865 . . . q = 0.02601	„	Tebbutt.

Der Komet II wurde gleichfalls von Winnecke, und zwar am Morgen des 12. April im Wassermann entdeckt; doch hinderten damals und in den folgenden Nächten die ungünstigen Witterungsverhältnisse eine genaue Beobachtung und erst am 19. früh gelang Winnecke eine genaue Ortsbestimmung. Der Komet erschien anfangs als ein heller runder Nebel von 4 Min. Durchmesser und war schon in schwächern Fernröhren sichtbar, ja Schmidt in Athen giebt an, daß er am 24. April, wiewohl sehr schwierig, dem bloßen Auge sichtbar war. Dieser Astronom hat den Kometen bis zum 13. Juni beobachtet und den Durchmesser der Coma zu bestimmen versucht. Er fand denselben im Mittel gleich 20.1 Erddurchmessern oder etwa 35000 geogr. Meilen, wogegen sich für den Durchmesser des Kernes nur etwa 14 Meilen ergaben. Aus den Beobachtungen welche bis zum 21. April in Straßburg, Krakau, Kremsmünster, Wien, Mailand, Leipzig und Pola angestellt worden, hat Prof. Edm. Weiß in Wien folgende Elemente berechnet:

T = März 13.99342 mittl. Berl. Zeit

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 245^\circ\ 53'\ 11'' \\ \Omega &= 274\ \ 06\ \ 44 \\ i &= 148\ \ 24\ \ 42 \end{aligned}\right\}\text{mittl. Aeq. 1874. 0}$$

q = 0.8860

Bewegung rückläufig.

Das Spectrum dieses Kometen ist am 20. April von Secchi, am 7. und 10. Mai von H. C. Vogel*) beobachtet worden. Wie bei anderen Kometen traten drei lichte Streifen auf, von denen der mittelste der hellste war (Verhältniß der

*) Secchi in den Comptes rendus, 1874. mai 25, p. 1467; Vogel in den Astron. Nachr. Nr. 2018.

Helligkeit nach Vogel ungefähr 1 : 2, 5 : 1). Alle drei waren nach der Seite das Roth etwas schärfer begrenzt, nach dem Violett hin allmälig verlaufend, besonders auffällig beim mittelsten Streifen. Messungen konnten nicht vorgenommen werden, doch ließ sich erkennen, daß die hellste Stelle des mittleren Streifens nur wenig brechbarer war als die Magnesiumlinien und der Anfang des Streifens nahe mit b_1 zusammenfiel. Der Komet machte damals den Eindruck eines Sternhaufens, der mit einem Instrumente beobachtet wird, dessen optische Kraft sich an der Grenze befindet, wo die Auflösung in einzelne Sternchen zu bewerkstelligen ist. Er hatte 7 bis 8 Min. Durchmesser, war rund und zeigte eine ziemlich plötzliche centrale Verdichtung von etwa 1½ Min. Durchmesser, in welcher außer einem hellen Lichtpunkt 12ter Gr. noch zeitweilig mehrere leuchtende Punkte aufblitzten. Dieser hellere centrale Theil gab ein überaus schwaches continuirliches Spectrum, vom ersten, im Gelb liegenden Streifen an bis wenig über den letzten, im Blau gelegnen, hinaus.

Komet III, am Abend des 17. April von Coggia in Marseille entdeckt, zog bald durch die rasche Zunahme seiner Helligkeit, welche die Rechnung vermuthen ließ, die Aufmerksamkeit auf sich. Gleich die erste von Dr. Joh. Holetschek in Wien am 24. April veröffentlichte Bahnberechnung, die allerdings durch die spätern Beobachtungen wesentlich berichtigt wurde, zeigte, daß der Komet gegen Mitte Juni eine mehr als dreißigmal so starke und immer noch wachsende Helligkeit haben müsse, als zur Zeit seiner Entdeckung. Holetschek hat dann noch zwei verbesserte Elementensysteme, am 8. Mai und 24. Juni, veröffentlicht; nach dem letzten sollte er am 9. Juli sein Perihel erreichen und seine Helligkeit sollte am 6. Juli 56.4 am 18. Juli 151.4, am 21. sogar 165.9 mal soviel betragen, als zur Zeit der Entdeckung, um dann wieder abzunehmen und gegen Ende September denselben Werth zu haben, wie im April. Zur Zeit der Entdeckung hatte der Komet die Form eines kreisförmigen lichtschwachen Nebels von etwa 2 Min. Durchmesser mit einer centralen Verdichtung. Am 19. Mai war nach Wolf und Rayet der Durchmesser bis auf 3 Min. gewachsen und es begann sich ein Schweif zu zeigen. Am 5. Juni hatte die Nebelhülle 4 Min. Durchmesser und einen runden, sehr glänzenden Kern, an Helligkeit einem Stern 8ter Größe gleichkommend; auf der von

der Sonne abgewandten Seite zeigte sich bis zu etwa 8 Min. Abstand vom Kerne ein Schweif. Am 16. desselben Monats konnte ihn Prof. A. Serpieri in Urbino bereits mit bloßem Auge erkennen*) und am 17. beobachtete derselbe mit freiem Auge eine Schweiflänge von etwa 2°, am 2. Juli aber eine solche von etwa 8°. Anfang Juli wurde der Komet in den Abendstunden allgemein dem bloßen Auge sichtbar. Er bewegte sich durch das Sternbild des Luchses nach den Zwillingen dem Horizonte zu. Der Kern war für mittlere Breiten bereits Mitte Juli bei eintretendem Abenddunkel unter dem Horizonte, während der langgestreckte Schweif noch sehr schön sichtbar war. Gegen Ende Juli hörten die Beobachtungen auf der nördlichen Hemisphäre auf. Um dieselbe Zeit wurde er auf der südlichen Halbkugel sichtbar: Ellery beobachtete ihn vom 27. Juli an in Melbourne und John Tebbutt in Windsor, New South Wales, verfolgte ihn bis zum 7. October.

Mehrfach hat man sich bemüht, den Kometen zur Zeit seiner größter Annäherung an die Erde, um den 20. Juli, bei Tage zu beobachten; aber es ist nicht gelungen.

Sehr sorgfältig ist von verschiedenen Seiten die äußere Erscheinung dieses schönen Kometen studirt worden. Ausführliche Mittheilungen über ihre in dieser Richtung angestellten Beobachtungen haben Wolf und Rayet in Paris gemacht.**)

Am 10. Juni bildete der Komet einen kreisrunden Nebel mit sehr glänzenden, scharf abgegrenztem Kern; auf der der Sonne abgewendeten Seite verlängerte er sich zu einem Schweife von etwa 24 Min. Länge, der in der Mitte heller war als am Rande. Dieses Ansehen behielt er bis zum 22., nur vergrößerte er sich rasch.

Am 21. Juni begannen die Formveränderungen des Kopfes. An diesem Tage zeigte sich der Komet im Foucault'schen Teleskop von 40 Centim. Oeffnung umschlossen von einer sehr in die Länge gezogenen Parabel. Vom Kerne aus, der sich etwa im Brennpunkte dieser Linie befand, nahm der Glanz allmälig ab

*) Heis, Wochenschr. f. Astron. 2c. 1874, S. 276.

**) Comptes rendus, 1874 juin 8, p. 1650 und août 10, p. 369. Vergl. auch die Beobachtungen Vogels in den Astron. Nachr. Nr. 2018—19 mit Zeichnungen von Lohse; desgl. Mailänder Beobachtungen von Tempel, Astron. Nachr. Nr. 2028.

bis zum Scheitel; nach dem Innern der Parabel hin war die Lichtabnahme eine plötzliche, es zeigte sich eine andere Parabel, mehr geöffnet als die erste, welche den Kern zum Scheitel hatte und in ihrer Verlängerung die seitlichen Grenzen des Schweifes bildete. Die Grenzen waren scharf und glänzender als die innern Theile des Schweifes, der Kern immer sehr deutlich.

Am 1. Juli war die allgemeine Form noch dieselbe, nur bestand keine völlige Symmetrie mehr zwischen beiden Seiten des Schweifes, vielmehr war die westliche Seite bedeutend heller als die andere. Die Unsymmetrie wurde immer merklicher. Am 7. Juli war die westliche Seite des Schweifes etwa doppelt so hell als die östliche. Zu gleicher Zeit schien der Kern diffus zu werden und verwischte sich nach der Seite des Kopfes, während er nach der Schweifseite noch scharf begrenzt war. Vom 7. bis 13. waren die atmosphärischen Bedingungen den Beobachtungen nicht günstig, es ließen sich auch keine bemerkenswerthen Veränderungen erkennen. Der Lichtfächer, der vom Kerne ausging, hatte an Ansehen gewonnen und neigte sich deutlich gegen die westliche Seite des Kopfes. Der Schweif hatte etwa 15° Länge und reichte bis o im großen Bären.

Die letzte Beobachtung von Rayet und Wolf, vom 14. Juli abends, zeigte merkwürdige Veränderungen im Aussehen des Kopfes. Der Lichtfächer verlängerte sich nach Westen in einen langen Strahl, dessen Ende erst ziemlich weit vom Kopfe erkennbar war. Zugleich konnte man nach vorn hin zwei Büschel unterscheiden, den einen links, den andern rechts. Der östliche Büschel stellte sich nach der vordern Seite scharf dar, um sich nach der Schweifseite zurückzubiegen. Der westliche war weniger glänzend und bog sich zurück gegen den Schweif, dessen Außenrand er glänzender machte.

Mehrseitig ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Erscheinungen am Kopfe des Kometen Coggia an diejenigen erinnern, welche beim Donatischen Kometen 1858 beobachtet worden sind. „Auffällig war es,“ schreibt D'Arrest,*) „wie der im Raume vorangehende Zweig, sowohl der Hauptausströmung als des Schweifes, an Helligkeit den nachfolgenden übertraf; Compression und schärfere Begrenzung dieses vorangehenden Zweiges

*) Astron. Nachr. Nr. 2006.

konnte ich jedoch bei gegenwärtigen Kometen nicht wahrnehmen, wohl der ungünstigen Umstände wegen."

Unsere Figur 1 zeigt uns eine Skizze des Anblickes, den Lockyer am 12. Juli bei der Beobachtung des Kometen in dem großen Cooke'schen Refractor von 25 Zoll Oeffnung hatte,*) welcher auf Newall's Privatsternwarte in Gateshead bei Newcastle aufgestellt ist.

Fig. 1.



Heis in Münster, der den Coggia'schen Kometen während des ausnehmend schönen Wetters im Juli mit bloßem Auge beobachtete, giebt folgende Längen für den Schweif an:**)

Juli 4	6°	Juli 11	11°	Juli 16	47°
5	7	12	13	17	63
6	8	13	15	18	70
8	9	14	24	19	56
9—10	10	15	38	20	50

Aus der Karte, in welche Heis den Kometen sowie den

*) Nature, July 16, 1874, p. 212.
**) Brief an Faye in den Ann. de Chimie et de Physique, Nov. 1874, p. 430.

Stand der Sonne von Tag zu Tag eingetragen hat, erkennt man, daß der Schweif Anfang Juli ungefähr von der Sonne abgewendet, also in Richtung des verlängerten Radius Vector gelegen war. Der Winkel, den der Schweif mit dieser Richtung einschloß, wuchs aber, namentlich um den 19. sehr rasch, so daß er den 20. sehr stumpf war.

Was nun das Spectrum des Kometen anlangt, so bestand dasselbe aus zwei Theilen, einem schmalen continuirlichen Spectrum, das dem Kern angehörte, sich von Roth bis ins Blau, ja bis ins Violett erstreckte, die lebhaftesten Farben zeigte und einige dunkle Absorptionsbänder erkennen ließ, und aus den drei Gaslinien, welche Huggins und Vogel bereits bei den Kometen der letzten Jahre nachgewiesen haben. Von diesen normal auf dem continuirlichen Spectrum stehenden Gaslinien war namentlich die mittelste, im Grün nahe der Fraunhoferschen Linie b (Wellenlänge etwa 517) sehr glänzend; schwächer war die im Gelbgrün (Wellenlänge etwa 560) und am schwächsten die im Blau befindliche (Wellenlänge ungefähr 470). D'Arrest*) fand das Intensitätsverhältniß am 16. und 17. Juni ungefähr 5:4:1. Es scheinen sonach bei allen Kometen dieselben Linien, nur in verschiedener relativer Intensität aufzutreten, ähnlich wie dies bei dem Spectrum der Gasnebel der Fall ist, die indessen andere Linien zeigen als die Kometen.

Vogel hat früher**) darauf hingewiesen, daß die Spectra der Kometen merkliche Verschiedenheiten zeigen und daß nur bei einem einzigen Kometen (II. 1868) mit großer Wahrscheinlichkeit eine Identität seines Spectrums mit dem des Kohlenstoffes anzunehmen sei, während in den Spectren anderer Kometen die Banden eine etwas andere Lage hätten und namentlich nicht die charakteristisch einseitig scharfe Begrenzung zeigten, die man bei den Spectren der Kohlenwasserstoffe beobachtet. In der Folge hat sich aber ergeben, daß auch die Spectra des Kometen Henry 1873 und Coggia 1874 mit großer Wahrscheinlichkeit als identisch mit dem des Kohlenstoffes anzusehen sind.***) Es sind nämlich die Wellenlängen der einzelnen Stelle des Spectrums, ausgedrückt in Milliontel-Millim., die folgenden:

*) Vergl. D'Arrest: Astron. Nachr. Nr. 2006; Wolf und Rayet: Comptes rendus 1874 août 10, p. 369; Secchi: dies. juillet 6, p. 20.
**) Astron. Nachr. Nr. 1908.
***) Dies. Nr. 2018.

	Kom. II. 1868 nach Huggins	Kom. Henry nach Vogel	Kom. Coggia, nach Vogel
Anf. der 1. Bande	563.1	562.6	562.5
hellste Stelle	—	559	553.8
Ende der 1. Bande	538	541	541
Anfang der 2. Bande	517.2	517.1	515.1
hellste Stelle	—	516	511.8
Ende der 2. Bande	492	500	500
Anfang der 3. Bande	471.4	472.7	471.6
hellste Stelle	—	466	468.9
Ende der 3. Bande	458	464	465.

Damit sind zu vergleichen die folgenden Angaben betreffend I. das Spectrum des Benzin's, II. dasjenige des blauen Theiles einer Petroleumflamme, beide nach Vogel, III. dasjenige des blauen Theiles einer Leuchtgasflamme nach Boisbaudran:

	I.	II.		III.	
Anf. der 1. Bande .	563.2	—		562.9	
Ende der 1. Bande .	—	—		537:	Ende
Anf. der 2. Bande .	516.4	515.5	helle Linie	516.1	
		512.1	matter Streifen	512.5	breite helle Linie
Ende der 2. Bande .	—			501:	Ende
Anf. der 3. Bande .	474	473.0	sehr zart. Lin.	473.8	
hellste Stelle	471.2	472.5	} schwaches	—	
Ende der 3. Bande .	—	466.0	} Lichtband	464	
		437.1	Mitte eines breiten schwachen Streifens	436.8	Mitte eines Streifens
		430.8	helle Linie, nach dem Violett verwaschen	430.9	breite Linie

Aus dieser Zusammenstellung erkennt man die Uebereinstimmung der drei Kometenspectra unter sich und mit dem Spectrum des Kohlenstoffes. Daß man einen vierten Streifen und die Linie von der Wellenlänge 430.8, welche im Spectrum des Leuchtgases auftritt, in den Kometenspectren nicht erkannt hat, mag nach Vogel vielleicht darin begründet sein, daß das leuchtende Gas in den Kometen eine sehr geringe Temperatur besitzt und die Linien und Banden in den brechbareren Theilen dann zu lichtschwach werden. Boisbaudran hat nämlich gefunden, daß eine Erhöhung der Temperatur eine Steigerung der relativen Intensität der brechbareren Theile des Spectrums zur Folge hat. Diese Wahrnehmung dürfte vielleicht auch eine

Erklärung dafür abgeben, daß, wie beobachtet worden, mit der Annäherung des Kometen an die Sonne die relative Intensität der dritten, brechbareren Bande zunahm.

Vogel macht ferner darauf aufmerksam, daß bei den Kometen Henry und Coggia zwar die Grenzen der einzelnen Banden nach dem Roth hin, nicht aber die Lage der hellsten Stellen dieser Banden übereinstimmen, daß diese vielmehr beim Kometen Henry fast ganz an den Anfang, beim Kometen Coggia aber mehr in die Mitte der Banden fallen. Dagegen zeigte sich eine auffallende Uebereinstimmung in der Lage der hellsten Theile der Banden beim Kometen I. 1871, beim Tuttle'schen, Encke'schen und Coggia'schen, und „zieht man nun in Betracht, daß alle Kometen, bei welchen die einseitig scharfe Begrenzung nicht beobachtet werden konnte, zu den lichtschwächsten gehört haben, so drängt sich der Gedanke auf, ob nicht nur in Folge der Lichtschwäche jene einseitige scharfe Begrenzung übersehen wurde und die Banden als nach beiden Seiten verschwommen erschienen sind." Eine Wahrnehmung beim Encke'schen Kometen scheint diese Vermuthung Vogels zu bestätigen. Derselbe hält es daher gegenwärtig für wahrscheinlich, daß alle bisher beobachteten Kometenspectra wesentlich übereinstimmend gewesen sind, und daß nur in der Lage der hellsten Theile der drei Banden ein Unterschied constatirt sei. Aber auch dieser Unterschied ist wahrscheinlich kein typischer. Wenigstens will Prof. W. M. Harkneß in Washington bei den Encke'schen Kometen im Nov. und Dec. 1871 eine Zunahme der Wellenlänge der intensivsten Stellen der Banden mit der Annäherung an die Sonne beobachtet haben. Vielleicht sind Variationen der Druck- und Temperaturverhältnisse die Ursache dieser Veränderungen.

Huggins hat während der letzten Versammlung der British Association eine Bemerkung gemacht*), welche freilich durch vorstehende Messungen Vogels nicht bestätigt wird; er findet nämlich, daß die Banden des Coggia'schen Kometen, sofern man sie auf Rechnung des Kohlenstoffes setzen will, soweit verschoben seien, daß daraus eine Annäherung des Kometen zur Erde von 46 engl. Meilen in der Secunde folgen würde. Da nun die wirkliche Annäherung nur 24 Meilen betrage, so bleibe es zwei-

*) Nature 1874, Sept. 10, p. 389.

felhaft, ob dieser ganze Unterschied oder nur ein Theil auf Rechnung der Bewegung der materiellen Theilchen innerhalb des Kometen komme. Uebrigens glaubt Huggins, daß der Kern aus fester Masse bestehe, von welcher unterm Einflusse der Sonnenwärme Theilchen ausströmen, welche die Coma und den Schweif bilden. Ein Theil des letzteren sei jedenfalls gasförmig, da er ein Spectrum mit hellen Linien gebe, das Uebrige aber bestehe wahrscheinlich aus kleinen festen glühenden Theilchen.

Zur Unterstützung des letzteren Theiles seiner Ansicht beruft sich Huggins darauf, daß das Licht des Kometen als theilweise polarisirt erkannt worden ist. Diese Wahrnehmung ist in der That von verschiedenen Beobachtern gemacht worden, von A. W. Wright, Secchi, Zenker u. A.*). Nach Wright und Secchi war das Licht polarisirt in einer durch die Achse des Schweifes gehenden Ebene und Wright glaubt, daß diese Ebene auch durch die Sonne ging, was von Zenker bestätigt wird. Es rührte daher ein Theil des Lichtes der Coma von der Sonne her.

Trotz der Helligkeit des Kometen gelang es nicht ihn zu photographiren. Lockyer fand selbst eine Exposition von 10 Minuten ohne Ergebniß, während ein Stern des großen Bären, der lichtschwächer als der Komet war, schon in Zeit von 2 Minuten ein Bild gab.**)

Was endlich die Bahn des Kometen anlangt, so sind anfangs von verschiedenen Astronomen parabolische Elemente berechnet worden, doch bemerkte D. Tietgen in Berlin in der Bewegung des Kometen zwischen dem 19. April und 14. Juli erhebliche Abweichungen von der parabolischen Bahn. Nun hatte Hind schon vorher aufmerksam gemacht auf die Aehnlichkeit der parabolischen Elemente mit den von ihm berechneten Elementen des Kometen II vom Jahre 1773,***) welcher von den Jesuitenmissionären in China beobachtet worden war, und man hätte daher eine elliptische Bahn mit 137 Jahren Umlaufszeit vermuthen können. Die Vermuthung bestätigte sich

*) American Journal of Science and Arts. Aug. 1874; Nature, Aug. 13, 1874, p. 294. Comptes rendus, 1874 août 3, p. 284. Astron. Nachr., Nr. 2003.

**) Nature, July 16, 1874. p. 212.

***) Nature, June 18, 1874, p. 132.

indessen nicht, vielmehr fand Tietjen gegen 9000 Jahre Umlaufszeit. Geelmuyden in Christiania berechnete 10445 Jahre*), während Leopold Schulhof**) folgende Elemente veröffentlicht hat:

T = 1874 Juli 8.89385 mittl. Berl. Zeit.
π = 271° 06′ 19′5
☊ = 118 44 25 3
i = 66 20 58 6
Excentricität e = 0,9987
gr. Halbachse a = 529,5
Umlaufszeit 12184.3 Jahr
q = 0.6758.

Komet IV wurde am Morgen des 26. Juli von Borrelly in Marseille nahe beim Stern ϑ im Drachen entdeckt und hier in den folgenden Nächten von Stephan am Eichens'schen Aequatoreal; am 27. von Straßer in Kremsmünster, am 28. von Holetschek in Wien, am 30., 31. Juli und 1. Aug. von Winnecke in Straßburg, am 2. Aug. von Bruhns in Leipzig rc. beobachtet. Derselbe war des Mondscheins wegen anfangs nur schwierig sichtbar, von unregelmäßig runder Form, mit einem scheinbaren Durchmesser von 3 bis 5 Min. und einer Spur einer excentrischen Verdichtung. A. Grützmacher in Kiel hat aus den Beobachtungen von Kremsmünster 27. Juli, sowie seinen eigenen vom 21. Aug. und 15. Sept. folgende elliptische Elemente berechnet:

T = 1874 Aug. 26.8872 mittl. Berl. Zeit
π = 344° 8′ 39″ 6 }
☊ = 251 29 14 5 } mittl. Aeq. 1874.0
i = 41 50 36 5 }
e = 0.99923
a = 1277.01
q = 0.98271
Umlaufszeit 45634 Jahre,
Bewegung direct.

Komet V wurde wieder von Coggia in Marseille am Morgen des 29. Aug. als ein schwacher Nebel von 2 bis 3 Min. Durchmesser mit einem Kern 12. Größe im Sternbilde des Stieres entdeckt. In den folgenden Nächten wurde er auch in Straßburg, Mailand, Wien und Göttingen und anderwärts

*) Astr. Nachr. Nr. 2009.
**) Dies. Nr. 2003.

beobachtet. Aus Beobachtungen vom 21. August, 4. und 15. Sept. hat Dr. Holetschek folgende Elemente berechnet:

T = 1874 Juli. 19.01916 mittl. Berl. Zeit
π = 6° 50′ 15″ 8 ⎫
☊ = 216 13 13 5 ⎬ mittl. Aeq. 1874.0
i = 34 29 28 0 ⎭
q = 1.7105.

Den Kometen VI endlich entdeckte Borrelly in Marseille am 7. December früh; am nächsten Abende wurde er von Hind in Twickenham, von Stephan in Marseille, in den nächsten Nächten von Borrelly und Stephan, am 10. von Lindstedt und Rümker in Hamburg, am 11. von Winnecke in Straßburg, am 18. von Schulhof in Wien beobachtet. Er bildete einen rundlichen Nebel von 4 Minuten Durchmesser ohne deutliche Verdichtung. Aus den Beobachtungen vom 7., 10. und 18. December hat Holetschek folgende Elemente abgeleitet:

T = Oct. 18.7391 mittl. Berl. Zeit
π = 298° 46′ 38″ ⎫
☊ = 281 38 18 ⎬ mittl. Aeq. 1874.0
i = 99 25 43 ⎭
q = 0.51971.

Im Anschluß an die Kometenbeobachtungen des letzten Jahres mag noch einer merkwürdigen Erscheinung gedacht werden, welche Ranyard auf Photographien der Sonnenfinsterniß vom 12. December 1871 bemerkte und auf die derselbe in der Sitzung der Astronomischen Gesellschaft in London am 13. März vorigen Jahres aufmerksam gemacht hat.*) Wenn man die Negativs im durchgehenden Lichte betrachtet, so bemerkt man auf denen des Lord Lindsay, sowie auf vier von den sechsen des Col. Tennant einen kleinen, theilweise durchsichtigen Fleck in 9 Min. Entfernung vom östlichen Rande. Verglichen mit den Gestaltungen in der Corona erscheint er überall an derselben Stelle. Anfangs hielt Ranyard dieses Object für einen durch die Corona hindurch sichtbaren Stern. Ein solcher müßte sich aber auf den Negativs als dunkler Fleck darstellen. Bei genauerer Betrachtung wurden auch noch drei theilweise durchsichtige concentrische kreisförmige Streifen um den Fleck bemerkt, eine Form, die sonst nirgends in der Structur der Corona beobachtet worden ist. Da diese Erscheinung öfters bei Kometen-

*) Nature, 1874 March 26, p. 415.

kernen und den sie umgebenden Hüllen beobachtet worden ist, so hat Ranyard die Vermuthung ausgesprochen, daß man hier die Photographie eines schwachen, in der Nähe seines Perihels befindlichen Kometen vor sich habe. Noch ist zu erwähnen, daß die Beobachtungsstationen Lord Lindsay's und Col. Tennants 120 engl. Meilen von einander entfernt liegen.

Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteoriten.

Ueber die Berechnung der Bahnen heller, an vielen Orten beobachteter Meteore hat Prof. Galle in Breslau eine ausführliche Arbeit veröffentlicht,*) in welcher besonders ein helles Meteor behandelt wird, welches am Abende des 17. Juni 1873 an vielen Orten in Schlesien, Sachsen, Thüringen, der Mark, Mecklenburg, Pommern, Westpreußen, Oesterreich bis hinein nach Ungarn beobachtet wurde. Galle findet für die geographische Lage des Ortes, über welchem dasselbe in

21,98 geogr. Meilen Höhe

zu leuchten begann,

35° 16′ östl. Länge von Ferro und
47 30 nördl. Breite,

was einen Ort etwas südlich von Raab in Ungarn giebt. Von da nahm dasselbe seinen Lauf über das Erzherzogthum Oesterreich, Mähren und Böhmen, einen Weg von

61,83 geogr. Meilen Länge

in der Zeit von etwa 10 Secunden zurücklegend, bis in die Gegend zwischen Warnsdorf und Großschönau, in der Nähe von Zittau,

32° 20′ Länge von Ferro und
50 55 nördl. Breite,

wo es in

4,43 geogr. Meilen Höhe

erlosch. Galle hat eine hyperbolische, nur wenig gegen die Ekliptik geneigte kosmische Bahn für dieses Meteor berechnet, deren Excentricität ziemlich mit derjenigen des Meteoriten von Pultusk (30. Jan. 1868) übereinstimmt.

Niedergefallene Steine sind nicht aufgefunden worden; doch

*) Astron. Nachrichten, Nr. 1989 u. 1990.

ist in dieser Beziehung das mit Wald und Feld bedeckte Terrain an der Grenze der Lausitz und Böhmens etwas ungünstig. Merkwürdig ist indessen die Auffindung eines kleinen Klumpens einer schleimigen brennenden Masse, die sich als reiner Schwefel erwies, kurz nach der Meteorerscheinung in Proschwitz bei Reichenberg in Böhmen. Da diese Masse auf dem Fußwege der Chaussee, gegen 50 Schritt von den nächsten Häusern entfernt gefunden wurde, so läßt sich schwer denken, wie sie in brennendem Zustande dahin gekommen. Will man sie mit dem Meteor in Verbindung bringen, so muß man freilich wieder bedenken, daß dasselbe gegen drei Meilen südwestlich von dem Orte vorüberzog.

Meteorsteinfälle sind im Jahre 1874 nur zwei bekannt geworden.

Am 11. Mai fiel zu Bielgorod im russischen Gouvernement Tula ein Meteorstein nieder und drang vier Fuß in den Boden ein. Sein Gewicht ergab sich zu 257 Pfund, doch war er unsprünglich noch größer, denn die Landleute, die ihn aufgefunden, hatten Stücke davon abgeschlagen. Seine Länge wird zu 21, seine Breite zu 17 Zoll, die Höhe zu 1 Fuß angegeben.*)

Der zweite Meteorsteinfall ereignete sich am 20. Mai bei Wirbe in der Gegend von Widdin in der Türkei. Der Stein fiel unter heftigem Getös nieder und drang einen Meter tief in den Boden ein. Er war von fragmentarischer Form, mit matter, schwarzer Kruste umgeben und wog 3,6 Kilogr. Daubrée hat der Pariser Akademie nähere Mittheilungen über diese Masse gemacht.**) Danach sind die metallischen Bestandtheile vorwiegend unregelmäßige graue Körner von Nickeleisen mit Beimengungen von Schwefeleisen, sowie zahlreichen schwarzen Körnern von Chromeisen; die nicht metallische Substanz ist theils Peridot theils Enstatit. Nach Daubrée's Classification (dieses Jahrb. IV. S. 18.) gehört die Masse zur Gruppe der Sporadosideren, Abth. Oligosideren und ist von gleicher Art mit folgenden: Bachmut (Rußland) 1814 Febr. 15, Politz (Deutsch-

*) Referent kennt bis jetzt nur die obige, politischen Zeitungen entnommene Mittheilung über diesen Meteorsteinfall. S. Leipz. Ztg. 1874, Nr. 139, S. 1840.

**) Comptes rendus, 1874 août 3, p. 276.

land) 1819 Oct. 13, Angers (Frankreich) 1822 Juni 3, Mascombres (Frankreich) 1835 Juni 31, Jowa (Ver. St.) 1847 Febr. 25, Ski (Norwegen) 1848 Dec. 27, Insel Oesel 1855 Mai 11, Saint-Denis-Wostrem (Belgien) 1855 Juni 7, Buschhoff (Curland) 1863 Juni 2, Dolgowola (Volhynien) 1864 Juni 26.

Der Vorübergang von Meteoren vor der Sonnenscheibe wurde am 5., 6., 7. September vorigen Jahres in Toulouse vielfach beobachtet.*)

Ueber die Mondscheibe ziehende Meteore hat im vergangenen Jahre der Abbé Ch. Lamey in Dijon fleißig beobachtet. Sie erschienen als runde, leuchtende Körperchen, besonders zahlreich waren sie in den Nächten vom 4. bis 8. August.

Spectrum der Sternschnuppen. — Dr. Nicolaus von Konkoly, dessen spectroskopische Beobachtungen einzelner Sternschnuppen schon im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. (S. 34.) Erwähnung fanden, hat in Verbindung mit seinen Assistenten Nagy auf seinem Observatorium O Gyalla bei Komorn in Ungarn in den Nächten des 7., 8., 10., 11. und 12. August 1874 im Ganzen 130 Sternschnuppen von erster bis vierter Größe spectroskopisch untersucht.**)

Der Kern gab immer ein continuirliches Spectrum, und zwar war in diesem die gelbe oder grüne Farbe vorherrschend, je nachdem die Sternschnuppe von gelber oder grüner Farbe war; das Violett fehlte stets, Indigo wurde selten beobachtet, Roth nur bei rothen Meteoren. Das Spectrum der Schweife war sehr manichfaltig: bei den gelben Meteoren enthielt es nur die Natriumlinie, bei grünen die Magnesiumlinie, bei rothen die des Strontium oder Lithium (?). Die Natrium-Linien waren wahrscheinlich immer vorhanden. Bei einigen Meteoren, die größer als Venus waren, blieb der Schweif 30 und 40, bei einem sogar 156 Secunden lang sichtbar. Das Spectrum des letzteren konnte 30 Sec. lang beobachtet werden und enthielt außer Natrium und Magnesium noch eine Anzahl heller Banden besonders im Grün und sogar im Blau. Konkoly vermuthet hier schwere Metalle und etwas Eisen. Eine künst-

*) Comptes rendus, 1874 sept. 7, p. 602.
**) Astron. Nachr. Nr. 2014. — Heis Wochenschrift für Astronomie ꝛc. 1874, S. 337.

liche Feuerkugel, durch Entzünden einer in die Höhe geworfenen Baumwollkugel gebildet, die mit Alkohol getränkt worden war, in welchem er Natron-, Magnesia-, und Eisen-, sowie etwas Kupfersalze gelöst hatte, gab ein ganz ähnliches Spectrum.

Das Zodiacallicht.

Polarisation des Zodiacallichtes. — Die älteren Beobachtungen ließen es unentschieden, ob das Zodiacallicht zum Theil polarisirt sei oder nicht. Beobachtungen des Prof. Arthur Wright*) am Yale College in New Haven haben die Frage entschieden. Wright hat anfangs mit einem Savart'schen Polariskop nur negative Resultate erlangt; blos ein einziges Mal, an einem besonders heitern Abend, als das Zodiacallicht ungewöhnlich deutlich war, vermochte er mit äußerster Anstrengung der Sehkraft eine Andeutung von Streifen wahrzunehmen. Glücklicherweise kam der Beobachter darauf, ein anderes Polariskop zusammenzustellen, welches ihm sehr gute Dienste leistete. Eine senkrecht gegen die Achse geschnittene Bergkrystallplatte, welche im polarisirten Lichte eine ungewöhnliche Farbenintensität zeigte, wurde an dem einen Ende einer 11 Zoll langen Röhre angebracht, während am andern Ende ein Nicol'sches Prisma drehbar in einer Fassung befestigt wurde. Das Ganze war ein namentlich für geringere Grade der Polarisation und geringe Lichtintensitäten sehr empfindliches Polariskop. Mit diesem Instrumente gelang es nun, die Anwesenheit von polarisirtem Lichte im Zodiacallichte außer allen Zweifel zu setzen. Die Beobachtungen wurden im oberen Stock eines Gebäudes an einem nach Südwesten gehenden Fenster mit freiem Horizont angestellt. Das Zimmer wurde nur durch das Himmelslicht matt beleuchtet. Vor der Beobachtung wurde das Auge erst 15 bis 20 Minuten dem Zwielicht ausgesetzt, weil ein, wenn auch nur momentaner heller Lichteindruck dasselbe auf längere Zeit für geringe Lichtintensitäten unempfindlich macht.

Wright findet nun, daß das Zodiacallicht etwa 15 Procent, höchstens 20 Proc. Licht enthält, welches in einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisirt ist. Das Spectrum ist,

---

*) American Journal of Science, XVII, p. 39.

abgesehen von der Intensität, nicht von dem des Sonnenlichtes verschieden. Er schließt daraus, daß das Licht von der Sonne stammt, aber reflectirt ist von kleinen festen Körpern (Meteoriten), welche die Sonne in Bahnen umkreisen, die gegen die Ekliptik zusammengedrängt sind.

Die Sonne.

Sonnenflecken. — Von Interesse ist die Thatsache, daß die Sonnenflecken schon im Mittelalter von den Chinesen beobachtet worden sind, während dieselben in Europa bekanntlich erst im Jahre 1611 fast gleichzeitig von dem Ostfriesen Johann Fabricius und von Galilei entdeckt wurden. Es hat nämlich John Williams in der berühmten, „Wan-Hin-Tung-Kao" betitelten Encyklopädie des Ma-Twan-Li eine Liste von 45 Sonnenflecken entdeckt, welche vom Jahre 301 bis 1205 mit bloßem Auge beobachtet worden sind.*) Da der Anwendung gefärbter oder berußter Gläser nicht Erwähnung geschieht, so können die Beobachtungen nur bei starkem Nebel oder bei Sonnenuntergange angestellt worden sein. Die Beobachtungstage selbst sind folgende: 301 Oct. 20, 321 März 8, 322 März 11, 342 Sept. 3, 354 Nov. 7, 355 April 4, 359 Sept. 8, 369 Nov. 3, 370 März 29, 372 Nov. 30, 373 Nov. 26, 374 April 6, 374 Nov. 27, 388 April 3, 389 Juli 17, 396 Dec. 8, 400 Dec. 24, 577 Dec. 30, 826 März 25, 832 April 14, 837 Dec. 15, 841 Dec. 31, 874..., 974 Febr. 2, 1077 März 6, 1078 März 10 (19? Tage sichtbar), 1079 Jan. 11 (12 Tage sichtbar), 1079 März 28 (10 Tage sichtbar) 1104 Nov. 12, 1112 Mai 3, 1118 Nov. 17, 1120 Juli 31, 1123 Jan. 5, 1129 April 21, 1129 Dec. 16, 1131 März 12 (3 Tage sichtbar), 1136 Nov. 24, (10 Tage sichtbar), 1137 Febr. 27 (10 Tage sichtbar), 1138 März 17, 1138 Nov. 26, 1186 Juli 22, 1193 Dec., 1200 Aug. 23 (6 Tage sichtbar), 1201 Jan. 4 (6 Tage sichtbar), 1205 Feb. 7 (13 Tage sichtbar).

Prof. Rudolf Wolf in Zürich hat aus den Züricher

---

*) Monthly Notices of the Royal Astr. Soc. Vol. XXXIII Nr. 6.; Heis Wochenschr. für Astronomie &c. 1874, S. 315.

Beobachtungen (an 282 Tagen vollständig, an 10 theilweise), mit Benutzung der in Peckeloh, Rom, Palermo und Athen angestellten, die Relativzahlen der Sonnenflecken für die einzelnen Tage des Jahres 1873 festgestellt.*) Aus diesen folgen für die einzelnen Monate folgende mittlere Relativzahlen:

Jan.	86.7	April	76.2	Juli	66.9	Oct.	47.4
Feb.	107.0	Mai	47.9	Aug.	68.2	Nov.	55.4
März	98.3	Juni	44.8	Sept.	47.5	Dec.	49.2

und als mittlere Relativzahl des Jahres 1873 erhält man 66.3. Eine Vergleichung mit den früheren Jahren, von 1862 an, liefert die Reihe

1862 . . .	59.1	1866 . . .	16.3	1870 . . .	139.1
1863 . . .	44.0	1867 . . .	7.3	1871 . . .	111.2
1864 . . .	46.9	1868 . . .	37.3	1872 . . .	101.7
1865 . . .	30.5	1869 . . .	73.9	1873 . . .	66.3,

aus welcher die elfjährige Sonnenfleckperiode sehr deutlich sichtbar ist. Zugleich erkennt man, daß das Maximum bereits überschritten ist.

Wolf hat nun füher gefunden, daß sich, wenigstens für Europa, die magnetische Declinations-Variation v sehr annähernd mittels der Relativzahl der Sonnenflecken r darstellen läßt durch die Formel $v = a + b\,r.$

Die Größe b ist constant = 0',045; für a aber giebt Wolf folgende Werthe**):

Barnaul	2' 74	Montmorency	5' 19
Batavia	2 50	München	6 56
Berlin	6 64	Nertschinsk	2 75
Bombay	0 39	Paris	9 28
Budapest	5 52	Peking	2 69
Katharinenburg	3 74	Petersburg	5 89
Christiania	4 62	Philadelphia	6 88
Göttingen	7 89	Prag	5 89
Hobarton	6 17	Rom	6 08
Krakau	7 12	Toronto	7 72
Kremsmünster	5 83	Toulon	6 69
London	6 96	Utrecht	5 28
Mannheim	5 68	Wien	4 79.

Die Einsetzung des Werthes r = 66.3 für 1873 giebt den Werth v für

*) Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. in Zürich. Jahrg. IX, Heft 2.; Astron. Nachr. Nr. 2014.

**) Astron. Nachr. Nr. 1986.

Prag	München	Christiania
8',57	9,54	7,60,

während die directen Beobachtungen die Werthe

9',05	9,15	7,72

ergeben haben, so daß jene Wolf'sche Formel sich als ziemlich zutreffend bewährt.

Auf einen Zusammenhang, der zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und der Cyklonen auf unserer Erde zu bestehen scheint, hat schon vor Jahren Meldrum aufmerksam gemacht (s. Jahrg. IX dieses Jahrb., S. 183).

Auf der vorjährigen Versammlung der British Association hat derselbe nun seine weiteren Studien über diesen Gegenstand mitgetheilt.*) Früher hatte er nur darauf hingewiesen, daß in dem Zeitraume von 1847—1873 im Indischen Oceane zwischen dem Aequator und 34° südl. Breite und zwischen 40 und 110° östl. Länge von Greenwich die Cyklonen am häufigsten gewesen seinen zur Zeit der Fleckenmaxima, am seltensten aber zur Zeit der Minima. Jetzt findet er aber auch, daß die Dauer, die Verbreitung und Stärke der Cyklonen zur Zeit der Maxima weit bedeutender sind und daß dasselbe von dem Regenfall auf der Erdoberfläche überhaupt gilt. Aehnliche Ansichten hat auch Poey in Habanna zu begründen versucht. Nach demselben sollen aber auf dem Atlantischen Oceane — auf der Route zwischen Europa und Nordamerika — die Stürme, bei welchem der Polarstrom das Uebergewicht hat, dem Minimum, diejenigen, bei denen der Aequatorialstrom das Uebergewicht behält, dem Maximum der Sonnenflecken entsprechen.**) Poey sucht auch zwischen den Erdbeben und Vulkanausbrüchen einerseits und der Häufigkeit der Sonnenflecken andererseits einen Zusammenhaug darzulegen. Es mag bemerkt werden, daß schon vor länger als einem Jahrzehnt E. Kluge denselben Gedanken ausgesprochen hat.***)

Ferner hat J. Moffat auf derselben Versammlung der British Association auf den Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und dem Ozon=

*) Nature, 1874 Sept. 24, p. 431.

**) Comptes rendus, 1874 janv. 5, p. 51.

***) Klnge, Synchronismus und Antagonismus von vulkanischen Erscheinungen. Leipzig 1863. S. 7 u. f.

gehalte der atmosphärischen Luft aufmerksam gemacht.*) Er stützt sich dabei auf die Zahlen nachstehender Tabelle, in welcher unter A das Jahr, unter B die Zahl der Sonnenflecken nach Beobachtungen von Smith in Birmingham und unter C der mittlere tägliche Ozongehalt des Jahrs nach Beobachtungen in Howarden angegeben ist:

A	B	C	A	B	C
1851	141	2.6	1861	204	1.9
1852	125	1.9	1862	166	2.6
1853	91	2.0	1863	124	3.5
1854	67	3.4	1864	130	2.0
1855	28	0.8	1865	93	2.4
1856	34	0.7	1866	45	1.7
1857	92	1.1	1867	25	1.5
1858	202	1.5	1868	101	1.7
1859	205	2.2	1869	204	1.9
1860	211	2.1			

Im Mittel erhält man

	B	C
1851—61	166	2.2
1862—69	60	1.7

Dem Maximum oder Minimum der Sonnenflecken entspricht hiernach ein Maximum oder Minimum des Ozongehaltes. Abweichend sind die Jahre 1854 und 1863; doch ist im ersten der Ozongehalt durch drei Monate nicht beobachtet worden. Entscheidend können natürlich diese blos aus den Ozonbeobachtungen eines einzigen Ortes genommenen Zahlen nicht sein.

Endlich ist noch zu erwähnen, daß G. M. Dawson einen Parallelismus zwischen dem Stande des Wasserspiegels in den amerikanischen Seen und der Häufigkeit der Sonnenflecken nachweisen zu können glaubt, in der Weise, daß der Wasserspiegel seinen höchsten Stand zur Zeit des Maximums, den tiefsten zur Zeit des Minimums hat.**)

Protuberanzen.—Zur directen Photographirung der Protuberanzen hat Prof. Sellack in Cordoba, Argentinien, den Vorschlag gemacht***), das Objectivglas mit einer dünnen Schicht Jodsilber zu überziehen, welche das violette Licht absorbirt, und mit dem durchgehenden Lichte das Bild zu er-

*) Nature, 1874 Sept. 17, p. 411.
**) Nature 1874 April 30, p. 504.
***) Astron. Nachrichten, Nr. 1998.

zeugen. Die ersten Versuche sind zwar mißlungen, doch sucht Sellack die Ursache davon nicht in der Methode selbst, sondern in verschiedenen andern Umständen, und er hofft daher, daß Andere, denen mehr Hilfsmittel zu Gebote stehen, glücklicher sein werden.

Emil Gautier in Genf hat eine Uebersicht seiner Sonnenbeobachtungen aus den Jahren 1869—72 gegeben*), die im Wesentlichen mit den anderwärts gemachten Wahrnehmungen übereinstimmen. Er unterscheidet drei Arten von Protuberanzen: Eruptionen, Exhalationen und frei schwebende Gebilde. Wie Secchi hat er öfters die Bemerkung gemacht, daß wenn eine Protuberanz nahe am Pole erscheint, gewöhnlich symmetrisch dazu eine andere in der Nähe des andern Poles sichtbar ist. Die Abnahme in der Zahl und Größe der Protuberanzen schien vorauszugehen und zu folgen der Abnahme der Flecken. Letztere hält Gautier für schlackenartige Gebilde.

Temperatur der Sonnenoberfläche.—Bekanntlich hat zuerst Henry im Jahre 1845 entdeckt, daß der Kern eines Sonnenfleckes weniger Wärme ausstrahlt, als die benachbarte Sonnenfläche, und 1852 beobachtete Secchi, daß die vom Sonnenrande ausgestrahlte Wärme nur etwa halb so groß sei, als die vom Centrum kommende, ferner die aus den äquatorialen Gegenden kommende größer, als die von den polaren Regionen ausgestrahlte. Für die Abnahme vom Centrum aus ergab sich dasselbe Gesetz, welches für die Lichtstrahlen schon Bouguer gefunden hat.

In den letzten vier Jahren hat nun Langley, Director der Sternwarte von Alleghany, Ver. St., genaue Beobachtungen über die Temperatur verschiedener Theile der Sonnenoberfläche angestellt.**) Er hat dazu ganz kleine Meloni'sche Thermosäulen in Verbindung mit einem Thompson'schen Reflexionsgoniometer benutzt. Eine solche Säule wurde in der optischen Achse eines Aequatoriales von 33 Centimeter Oeffnung aufgestellt; das Sonnenbild hatte meist etwa 60 Centimeter Durchmesser, konnte aber auch bis zu vier Meter vergrößert werden. Zu manchen Beobachtungen

*) Archive des Sciences Physiques et Naturelles, Mars 1874. — Nature, 1874 April 23, p. 494.

**) Comptes rendus, 1875 mars 22, p. 746; mars 22, p. 819.

wurden auch zwei, an verschiedenen Stellen des Sonnenbildes aufgestellte Säulen benutzt.

Es wurde nun zunächst die Beobachtung von Henry bestätigt. Ebenso ergab sich eine Abnahme der Wärme vom Centrum nach dem Rande hin; doch ist diese bei weitem nicht so bedeutend wie die Lichtabnahme. Merkwürdig ist aber die Wahrnehmung, daß ein schmaler, noch hell leuchtender Randstreifen der Photosphäre weniger Wärme ausstrahlt, als selbst der Kern eines Fleckes.

Die angebliche Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers.— Es ist früher in diesem Jahrbuche (IX, S. 33) der Beobachtungen des Pater Rosa in Rom gedacht worden, aus denen Secchi geschlossen hat, daß der Sonnendurchmesser je nach der Häufigkeit der Protuberanzen veränderlich sei. Auwers hat diese Theorie einer eingehenden Kritik unterworfen*) und zunächst darauf hingewiesen, daß ihre Begründung durch die etwas ungenauen Beobachtungen Rosa's sehr unsicher sei. Weiter hat derselbe diese Theorie aber auch noch an einer großen Anzahl von Beobachtungen, die gleichzeitig mit denen Rosa's in Neuchâtel, Königsberg, Brüssel, Paris, Greenwich, Oxford und Washington angestellt worden sind, geprüft und sie ganz unbegründet gefunden. In weiterer Verfolgung dieses Gegenstandes hat er endlich auch noch eine lange Reihe von Beobachtungen discutirt, die seit 1750 in Greenwich gemacht worden sind. Hier stellen sich zwar Schwankungen des Sonnendurchmessers heraus, aber es läßt sich kein Zusammenhang zwischen ihnen und den Intensitätsänderungen der Sonnenthätigkeit erkennen, welche durch die Wolf'schen Relativzahlen gemessen wird. Wolf selbst hat freilich aus der Vergleichung der Maskelyne'schen Beobachtungen mit seinen Relativzahlen das gerade entgegengesetzte Resultat abgeleitet, indem er einen vollständigen Parallelismus zwischen den Schwankungen des Sonnendurchmessers und denen der Häufigkeit der Sonnenflecken findet,**) in der Weise, daß der Durchmesser abnimmt, wenn die Fleckenzahl zunimmt. Auch Königsberger Beobachtungen von 1820—38 hat Auwers untersucht und überall das gleiche negative Resultat erhalten.

---

*) Monatsberichte der Berliner Akad. 1873 Mai, S. 302.
**) Wolf's Astron. Mittheil Nr. 34, S. 134.

Wagner und Holden haben die scheinbaren Schwankungen in der Größe des Sonnendurchmessers durch die Veränderlichkeit der Beschaffenheit unserer Atmosphäre zu erklären versucht. Zu demselben Resultate ist auch Mazzola gekommen in einer Abhandlung*), welche den Nachweis zu führen versucht, daß der Sonnendurchmesser in mittlerer Entfernung kleiner ist, als man gewöhnlich annimmt, nämlich wahrscheinlich blos 31′57″3 mit einem wahrscheinlichen Fehler von höchstens 1″ statt 32′3″64, wie der Nautical Almanac angiebt. Ebenso hat auch Newcomb aus den Beobachtungen von Washington und Greenwich die Unwahrscheinlichkeit von Variationen des Sonnendurchmessers in einer kurzen Periode nachgewiesen.

Von historischem Interesse ist übrigens eine Thatsache, an welche Auwers am Eingange seiner Abhandlung errinnert. Es hat nämlich Bernhard von Lindenau bereits 1809 bei der Reduction von Seeberger Sonnenbeobachtungen periodische Veränderungen des Sonnendurchmessers zu erkennen geglaubt. Eine Prüfung der Greenwicher Berechnungen von 1750—55 und 1765—86 schien den periodischen Charakter dieser Veränderungen zu bestätigen und Lindenau vermochte die Beobachtungen befriedigend zu erklären durch die Annahme, daß die Sonne ein um die große Achse rotirendes Ellipsoid mit einer Abplattung von $\frac{1}{279}$—$\frac{1}{140}$ sei. Bessel hat gleich bemerkt, daß man eine Erklärung der je zwei jährlich in den Greenwicher Beobachtungen gefundenen Maxima und Minima des Sonnendurchmessers auch in einer periodischen Verschiebung des Fadennetzes des Beobachtungsinstrumentes gegen die Focalebene suchen könne. Als später die Ansicht von einer Abplattung der Sonne durch genauere Untersuchungen beseitigt wurde, gerieth auch die von Lindenau angeblich gefundene Veränderlichkeit des Durchmessers in Vergessenheit.

Die Sonnen-Parallaxe. — Wiederholt schon sind Declinations-Beobachtungen des Planeten Mars zur Zeit seiner Opposition benutzt worden, um die Sonnen-Parallaxe zu ermitteln, und es lag scheinbar nahe, die kleinen Planeten zu demselben Zwecke zu benutzen. Zwar sind dieselben zur Zeit

*) Atti della R. Accad. di Scienze, Torino 1873, VIII, p. 587.

ihrer Opposition beträchtlich weiter von der Erde entfernt, als der Mars, dafür erscheinen sie aber auch im Fernrohre als Punkte, was eine genauere Einstellung ermöglicht. Besonders günstig gestalteten sich nun die Verhältnisse beim Planetoiden Flora, welcher im October und November 1873 der Erde bis auf 0,87 Sonnenfernen nahe kam. Es kam daher Professor Galle in Breslau auf den Gedanken einer Bestimmung der Sonnen-Parallaxe aus Oppositions-Beobachtungen der Flora. Er erließ zu dem Zwecke in den „Astronomischen Nachrichten" (No. 1493) einen Aufruf zur Messung von Declinations-Differenzen zwischen der Flora und nördlich und südlich benachbarten Sternen mittelst Fadenmikrometer am Aequatorial. Solche Messungen sind nun angestellt worden

auf der nördlichen Halbkugel: in Dublin von Prof. Brünnow an 11 Tagen, in Lund von Prof. Möller und Dr. Dunér an 12, in Upsala von Dr. H. Schultz an 10, in Washington von Prof. A. Hall an 13, in Clinton von Prof. C. H. F. Peters an 5, in Leipzig von Dr. Börgen an 8, in Bothkamp von Dr. Vogel und Dr. Lohse an 6, in Moskau von Bredechin an 3 Tagen, dazu noch eine Beobachtung von R. Copeland auf dem Observatorium des Earl of Rosse in Parsonstown;

auf der südlichen Halbkugel wurde beobachtet: am Cap der guten Hoffnung von Stone an 14 Tagen, in Melbourne von Ellery an 10, und in Cordoba, Argentinien, von Prof. Gould an 9 Tagen.

Aus diesen Beobachtungen hat nun Galle das Resultat

8″879

mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0″0396 für die Sonnen-Parallaxe berechnet.*)

Dieses Ergebniß stimmt genau überein mit dem von Puiseux aus Beobachtungen des vorjährigen Venusdurchganges zu Peking und auf St. Paul ermittelten vorläufigen Werth der Sonnen-Parallaxe.

Mittels der Lichtgeschwindigkeit hat A. Cornu neuerdings mehrere Werthe für die Sonnen-Parallaxe abge-

*) Astron. Nachrichten Nr. 2033. Eine neuere Berechnung, bei welcher eine spätere Mittheilung aus Melbourne berücksichtigt worden, hat 8″873 ergeben; s. Astron. Nachr. Nr. 2041.

leitet.*) Es ist im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. (S. 100) der Wiederholung der Fizeau'schen Versuche durch diesen Physiker gedacht worden. Die beiden Punkte, zwischen denen die dort erwähnten Beobachtungen angestellt wurden, liegen wenig über 10 Kilom. von einander entfernt. Später wurden diese Beobachtungen zwischen der Pariser Sternwarte und dem 23 Kilom. entfernten Thurme von Montlhéry wiederholt, und aus 504 mit Anwendung verschiedener Räder, Zahnformen, Rotationsgeschwindigkeiten angestellten Beobachtungen hat Cornu für die Lichtgeschwindigkeit in der Luft 300330 Kilom., also für die Geschwindigkeit des Lichtes im luftleeren Raume

300400 Kilometer

gefunden. Den wahrscheinlichen Fehler giebt er zu etwa ein Tausendtel an.

Mittels der Lichtgeschwindigkeit läßt sich aber die Sonnen-Parallaxe auf verschiedene Weise berechnen.

Man kann dazu die sogenannte Lichtgleichung benutzen, d. h. die Zeit, in welcher das Licht den Weg von der Sonne bis zur Erde zurücklegt. Dieselbe wird aus den Verfinsterungen der Jupitersmonde abgeleitet. Mit Zugrundelegung des Delambre'schen Werthes 473,3 Sec. für die Lichtgleichung findet Cornu als Werth der Sonnen-Parallaxe

8″878.

Man kann ferner die Aberrations-Constante zu diesem Zwecke anwenden, und je nachdem er den Bradley'schen Werth 20″25 oder den Struve'schen 20″445 benutzt, erhält Cornu für die Parallaxe

8″881 oder 8″797.

Foucault fand mit Hilfe rotirender Spiegel die Lichtgeschwindigkeit = 298000 Kilom. mit unbestimmter Genauigkeit, mit Zugrundelegung des Struve'schen Werthes der Aberrations-Constante ergiebt sich daraus der Werth

8″86

für die Sonnen-Parallaxe. Diese Zahl ist auch das Mittel aus den Werthen, welche Leverrier aus den Störungen der Planeten Venus und Mars berechnet hat. Derselbe findet nämlich

---

*) Comptes rendus, 1874 déc. 14, p. 1361.

aus den Venusbreiten zur Zeit der Durchgänge 1761 und 1769

8″853,

aus Meridianbeobachtungen der Venus während eines Zeitraumes von 106 Jahren

8″859

und aus der von Richer, Picard und Römer am 1. October 1672 beobachteten Bedeckung des Sternes ψ im Wassermann durch den Mars

8″866.

Eine genaue Bestimmung dieses wichtigen Elementes unseres Sonnensystemes steht erst nach mehreren Jahren zu erwarten, wenn die Berechnung der Beobachtungen des letzten Venusdurchganges abgeschlossen sein wird. Die Besprechung dieses Ereignisses ist unsere nächste Aufgabe.

Der Durchgang der Venus durch die Sonne am 8./9. Dec. 1874.

Allgemeines. Der Planet Venus durchläuft seine nahezu kreisförmige Bahn um die Sonne in 224,701 Tagen, während die Erde erst in 365,256 Tagen einen Umlauf vollendet. Daraus folgt, daß jedesmal 583,920 Tage zwischen einer untern Conjunction der Venus mit der Sonne und der nächst folgenden verfließen. Mit dem Namen „untere Conjunction" bezeichnen wir nämlich die Stellung V der Venus zur Sonne S und zur Erde E, während die Stellung V′ die „obere Conjunction" heißt (Fig. 2); in beiden Fällen haben Venus und Sonne, von der Erde aus gesehen, gleiche Länge. Lägen die Bahnen der Erde und der Venus in einer Ebene, so wie es Fig. 2 zeigt, so würden wir bei jeder untern Conjunction der Venus den Planeten als kleine schwarze Scheibe in Zeit von etwa 8 Stunden über die Sonne gehen sehen, wir würden jedesmal einen „Durchgang der Venus durch die Sonne" beobachten. In

Fig. 2.

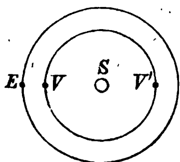
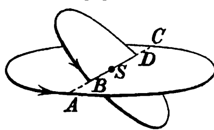


Fig. 3.



Wirklichkeit schneiden sich aber beide Ebenen, sowie es Fig. 3 andeutet, in welcher die beiden Bahnebenen durch ein Paar kreisförmige Scheiben dargestellt sind. Die Schnittlinie BD dieser Ebenen heißt die Knotenlinie. Es ist nun klar, daß nur dann ein Venusdurchgang eintreten wird, wenn die untere Conjunction der Venus in einem der beiden Knoten B oder D, oder doch nahe bei einem solchen stattfindet. Befindet sich nun bei einer untern Conjunction die Venus in B, die Erde in A, während S die Sonne bedeutet, so wird die nächste untere Conjunction an einer andern Stelle eintreten, denn in 583,920 Tagen, hat die Erde mehr als einen ganzen Umlauf vollendet. Aber die fünfte untere Conjunction, die nach 2919,6 Tagen eintritt, findet wieder ziemlich genau an derselben Stelle statt, denn in 2922,05 Tagen vollendet die Erde 8 Umläufe. Berücksichtigt man nun, daß die Venusbahn unter 3° 23′5 gegen die Ekliptik geneigt ist, daß der Knoten in acht Jahren um 2′44″ zurückgeht und daß die Halbmesser beider Bahnen sich wie 723:1000 verhalten, so zeigt uns eine einfache Rechnung, daß die Breite der Venus zur Zeit der Conjunction 22′16″ beträgt. Da nun der scheinbare Sonnenhalbmesser 32′ ist, so erscheint diesmal die Venus wieder vor der Sonne. Wir haben also immer zwei Venusdurchgänge, die acht Jahre auseinander liegen. Nunmehr verstreicht aber ein Zeitraum von mehr als 100 Jahren, und dann finden wieder zwei Durchgänge hinter einander in Zwischenzeit von 8 Jahren statt, aber Venus und Erde stehen jetzt nicht wieder in B und A, sondern in D und C. Diese Durchgänge fallen seit Anfang des 17. Jahrhunderts und bis zum Jahre 3000 immer auf die erste Hälfte des Juni oder December. Zählt man von einem Durchgange an, der der erste von den beiden auf den Juni fallenden ist, so erfolgen die nächsten in Zwischenzeiten von 8, 105½, 8, 121½ Jahren, worauf dieselbe Reihenfolge wiederkehrt.

Aelteste Beobachtungen eines Venusdurchganges. Kepler war der Erste, welcher einen Venusdurchgang, den von 1631 voraussagte;*) er selbst erlebte dieses Ereigniß nicht, das überhaupt in Europa nicht beobachtet werden konnte, da es auf

*) Admonitiuncula ad Curiosos rerum coelestium. Lips. 1626.

die Nachtzeit fiel. Den nächsten Vorübergang, 24. Nov. 1639 (a. St.), beobachteten Jeremiah Horrox, Pfarrer in dem Dorfe Hoole bei Preston in England,*) und sein Freund Crabtree in Manchester. Horrox hat nicht blos den Ruhm, der Erste gewesen zu sein, welcher ein so seltenes Ereigniß beobachtet hat; er hat diesen Venusdurchgang, den Kepler übersehen hatte, auch selbstständig mit Hülfe der von ihm verbesserten Kepler'schen (Rudolfinischen) Tafeln berechnet und durch einen Brief vom 26. October seinen Freund zur Mitbeobachtung aufgefordert. Das Verfahren bei der Beobachtung bestand einfach darin, daß Horrox die Sonnenstrahlen durch ein Fernrohr gehen ließ und so auf einem Papierblatt in einem dunkeln Zimmer ein Sonnenbild von etwa 6 Zoll Durchmesser erhielt. Wiewohl nach seiner Berechnung der Durchgang nicht vor Nachmittag 3 Uhr am 24. Nov. eintreten sollte, so begann er seine Beobachtungen doch schon am Mittag des 23.; am nächsten Tage, einem Sonntage, wurde er durch „ein Geschäft von höchster Wichtigkeit, was schicklicherweise nicht vernachlässigt werden konnte," eine Zeit lang abgerufen, als er aber die Beobachtungen wieder begonnen hatte, bemerkte er endlich, wie ein dunkler Fleck in die Sonnenscheibe eintrat und über dieselbe hinzog. Die Beobachtung Crabtree's fiel in Folge ungünstiger Witterung weniger befriedigend aus. Horrox hat seine Beobachtung ausführlich beschrieben unter dem Titel: „Venus in Sole visa." Eine Copie dieser Arbeit kam in die Hände des Danziger Astronomen Hevelius, der sie 1662 veröffentlichte. Es sind übrigens diese Beobachtungen nicht unbenützt geblieben, sie haben sich vielmehr sehr werthvoll für die Verbesserung der Venustafeln erwiesen.

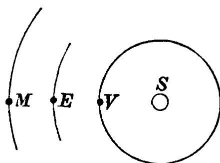
Wichtigkeit dieser Beobachtungen. Der Werth dieser Durchgänge der Venus für die Astronomie liegt darin, daß sie Gelegenheit bieten zu einer genauen Bestimmung der Sonnenparallaxe, d. h. des Winkels, unter welchem von der Sonne aus der Erdhalbmesser erscheint, und damit zur Ermittelung der Entfernung der Erde von der Sonne. Dieser Winkel ist aber deshalb so schwierig zu bestimmen, weil er sehr klein ist. Handelt es sich etwa um die Bestimmung der Parall-

*) S. s. Biogr. in Nature 1873, June 12, p. 117 u. June 19, p. 137.

axe des Mondes, so genügt es, diesen Himmelskörper von zwei ihrer Lage nach bekannten Punkten auf demselben Meridiane zur Zeit seiner Culmination zu beobachten und seine Höhe zu bestimmen. In dem Vierecke, dessen Eckpunkte der Erdmittelpunkt, die beiden Beobachtungspunkte und der Mondmittelpunkt bilden, kennt man dann zwei Seiten, nämlich die nach den Beobachtungspunkten gehenden Erdhalbmesser, ferner die Winkel an diesen zwei Punkten und auch noch den Winkel am Erdmittelpunkte, welcher dem Breitenunterschiede beider Orte gleich ist; man kann also leicht die Diagonale des Viereckes, d. i. die Entfernung zwischen Erd- und Mondmittelpunkt finden. Ist aber diese Entfernung sehr groß, so ist das Verfahren nicht mehr anwendbar, weil ein kleiner Fehler in den Messungen das Resultat gleich wesentlich falsch macht. Zur Ermittelung der Sonnenparallaxe muß man daher einen andern Weg einschlagen.

Wenn wir auch den absoluten Werth der Entfernung der Erde von der Sonne nicht kennen, so sind uns doch die Verhältnisse zwischen den mittleren Abständen der einzelnen Planeten von der Sonne genau bekannt. Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze verhalten sich nämlich die dritten Potenzen der mittleren Abstände zweier Planeten von der Sonne, wie die Quadrate ihrer Umlaufszeiten, und die letzteren lassen sich direct beobachten.

Fig. 4.



Denken wir uns nun, ein Planet M oder V (Fig. 4) stehe mit Sonne S und Erde E in gerader Linie und komme dabei der letzteren so nahe, daß es gelingt, seinen Abstand von ihr, also beispielsweise die Entfernug EM zu ermitteln, so könnte man, da ja außerdem das Verhältniß SE : SM bekannt ist, die Entfernung SE berechnen. In die Lage des Punktes M kommt aber der Planet Mars zur Zeit seiner Opposition, und dabei tritt noch aller 15 Jahre der günstige Umstand ein, daß der Planet in Opposition tritt, während derselbe seine geringste Entfernung von der Sonne, die Erde aber ihre größte hat. Die Erde rückt dadurch dem Mars näher um den 25sten Theil des Abstandes, den sie hat, wenn

die Opposition bei der mittleren Entfernung beider Planeten von der Sonne eintritt. Durch Beobachtungen des Mars zur Zeit seiner Opposition ist in der That zuerst ein angenäherter Werth für die Sonnenparallaxe gewonnen worden. Zu dem Zwecke ging nämlich 1671 der französische Akademiker Richer nach der Insel Cayenne und beobachtete dort 1672 den Planeten Mars, während Picard in Dänemark, Dom. Cassini und Römer in der Provence gleichzeitig Beobachtungen desselben Planeten anstellten. Aus diesen Beobachtungen leitete dann Cassini eine Sonnenparallaxe von 9″5 ab; die Entfernung der Erde von der Sonne würde hiernach 21712 Erdhalbmesser betragen.

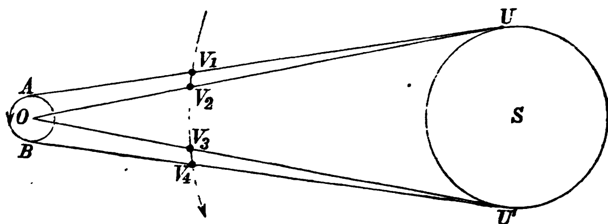
Zu demselben Zwecke könnte nun aber auch die Venus (V in Fig. 4) benutzt werden, die sogar deshalb noch vortheilhafter erscheint, weil sie zur Zeit ihrer untern Conjunction der Erde weit näher kommt, als Mars zur Zeit seiner Opposition. Denn die Entfernung EM beträgt im Mittel 0,524, die Entfernung EV aber bloß 0,277 Erdbahnhalbmesser. Aber freilich können wir für gewöhnlich die Venus zur Zeit ihrer untern Conjunction nicht beobachten, weil sie uns ihre dunkle Seite zukehrt. Nur dann wird die Beobachtung möglich, wenn Venus vor die Sonne tritt, also als schwarzer Punkt auf der Sonnenscheibe sichtbar wird.

Der englische Mathematiker James Gregory hat 1663 in seiner „Optica promota" die Möglichkeit einer Benutzung der untern Planeten zur Bestimmung der Sonnen-Parallaxe bereits angedeutet. Die Wichtigkeit der Venusdurchgänge für diese Bestimmungen hat aber zuerst Edmund Halley klar erkannt und in einem Briefe, den er 1677 von St. Helena aus an Sir Jonas Moore richtete, ausgesprochen. Nächst der Vorhersage der Wiederkehr des nach ihm benannten Kometen ist es eines der größten Verdienste Halley's, den Astronomen der Folgezeit die Beobachtung der beiden nächsten Venusdurchgänge von 1761 und 1769 warm empfohlen zu haben.

Beobachtungsmethoden. Die Methode, welche Halley in den Philosophical Transactions von 1691 und 1716 vorgeschlagen hat, erfordert nichts weiter, als eine genaue Bestimmung der Zeitdauer, während welcher die Venus vor der Sonne steht. Um das Princip dieser Methode deutlich

zu machen, wollen wir uns denken, es sei S in Fig. 5 die Sonne, V_1 V_2 V_3 V_4 sei ein Stück des Weges, den die Venus um die Zeit der Conjunction im Bezug auf die als ruhend gedachte Erde beschreibt, deren Mittelpunkt O ist. Ein Beobachter in O würde dann die Venus vor der Sonnenscheibe sehen, während sie das Stück von V_2 bis V_3 in ihrer Bahn durchläuft. Für einen Beobachter dagegen, der sich im Punkte A auf der Erdoberfläche befindet, wird die Venus in die Sonnenscheibe eintreten bereits, wenn sie sich im Punkte V_1 befindet. Wir wollen nun annehmen, während des Durchganges sei der Beobachtungs-

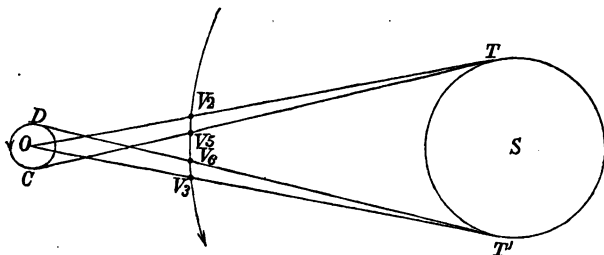
Fig. 5.



ort in Folge der Erdrotation nach B gelangt. Dann würde der Beobachter den Austritt beobachten, sobald Venus sich in V_4 befindet. Für diesen Beobachter würde also die Dauer des Durchganges größer sein, als für den Beobachter im Erdmittelpunkte und zwar um die Zeit, welche Venus braucht, um die beiden Bogen $V_1 V_2$ und $V_3 V_4$ zurückzulegen, d. i. um das Doppelte der Zeit, welche zur Zurücklegung eines dieser Bogen nöthig ist. Nun kann man aber aus dieser Zeit, wenn sie aus den Beobachtungen gefunden ist, sehr leicht die Größe des Bogens $V_1 V_2$ oder $V_3 V_4$ in Gradmaß ableiten. Da nämlich Venus ihren Umlauf um die Sonne im Bezug auf die Erde in 584 Tagen vollendet, so legt sie in Zeit von einer Minute einen Bogen von ungefähr $1^1/_2$ Secunde zurück. Der Bogen V_1 V_2 in Gradmaß ausgedrückt, mißt aber den Winkel AUO oder OU′V, welcher die Sonnenparallaxe ist. Da indessen eine Beobachtung vom Erdmittelpunkte O aus nicht möglich ist, so können wir jetzt die Zeit, während welcher Venus den Bogen V_1 V_2 oder V_3 V_4

zurücklegt, noch nicht angeben. Wir bedürfen dazu noch anderer Beobachtungen. Unser Beobachter sah in A den Eintritt der Venus gerade bei Sonnenuntergang, den Austritt bei Sonnenaufgang. Wir wollen uns jetzt in Fig. 6 einen andern Beobachter C denken, der den Eintritt bei Sonnenaufgang, den Austritt bei Sonnenuntergang sieht, wenn er durch die Erdrotation nach D gekommen ist. Wie man sieht, ist die Dauer des Verweilens für diesen Beobachter der Zeit gleich, während welcher Venus von V_5 nach V_6 geht. Diese Zeit ist aber um ebensoviel kleiner als die Zeit des Verweilens für einen Be-

Fig. 6.



obachter im Mittelpunkte O der Erde, als die Zeit, welche der Beobachter in Figur 5 findet, größer ist. Nimmt man also die Differenz der Dauer des Verweilens der Venus vor der Sonnenscheibe, wie ein Beobachter in Fig. 5 und ein anderer in Fig. 6 dieselbe gefunden haben, und wandelt man diese Zeit in Bogen- oder Winkelmaß um, indem eine Zeitminute gleich $1\frac{1}{5}$ Bogensecunde gerechnet wird, so findet man den vierfachen Betrag der Sonnenparallaxe.

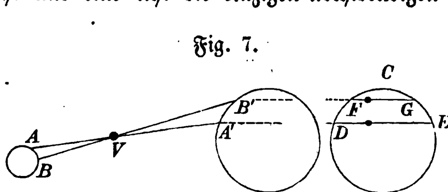
Bei unserer Auseinandersetzung haben wir allerdings angenommen, daß der Durchgang ungefähr 12 Stunden dauert, während er in Wahrheit nur höchstens etwa 8 Stunden dauern kann. Doch ist das Princip der Methode unter dieser Annahme am einfachsten verständlich. Die nähere Untersuchung zeigt nun, daß für jeden Ort im Allgemeinen eine Beschleunigung oder Verzögerung des Aus- und Eintrittes der Venus in die Sonnenscheibe erfolgt, wenn wir die Beobachtungen mit den vom Erdmittelpunkte

aus anzustellenden vergleichen. Es kommt nun darauf an, die Beobachtungen von zwei Stationen zu combiniren, an deren einer eine Verzögerung stattfindet, während an der andern eine Beschleunigung zu beobachten ist.

Der große Vortheil dieser Methode besteht darin, daß Venus in Zeit von einer Minute $1^1/_2$ Bogensecunden zurücklegt, in einer Secunde also nur $^1/_{40}$ Bogensecunde. Beträgt daher der Fehler bei Beobachtung des Momentes eines Contactes weniger als eine Secunde, so resultirt daraus ein Fehler von noch nicht $^1/_{40}$ Secunde in der Parallaxe. Andererseits ist aber die Methode nur dann anwendbar, wenn Venus nahezu über die Mitte der Sonnenscheibe geht. Irrthümlicherweise glaubte Halley, daß dies beim Venusdurchgange im Jahre 1761 der Fall sein werde und er schlug die Gangesmündung und die Gegenden um die Hudsonsbay als Beobachtungsstationen vor. Allein jene Annahme beruhte auf einem Versehen und in der Gegend der Hudsonsbay war der Venusdurchgang überhaupt nicht sichtbar.

Diese von Halley ursprünglich vorgeschlagene Methode bildet einen speciellen Fall einer andern, die häufig auch als die Halley'sche bezeichnet wird und bei der es ebenfalls darauf ankommt, die Dauer des Verweilens der Venus vor der Sonne, nicht die absolute Zeit des Ein- und Austrittes zu messen, daher denn auch bei ihr, wie bei der vorigen, ein gutes Fernrohr und eine Uhr die einzigen nothwendigen Instrumente sind.

Fig. 7.



In Fig. 7 sind A und B ein Paar Punkte auf der Erdoberfläche, der eine mehr nördlich, der andere südlicher gelegen. Ein Beobachter im ersteren wird die Venus V auf der Sonne bei A', ein anderer in B wird sie bei B' sehen, oder wie bei C deutlicher sichtbar sein wird: für den ersteren beschreibt Venus auf der Sonne die Sehne DE, für letzteren die Sehne FG. Nun kennt man das Verhältniß zwischen den Entfernungen AA' und VA'

oder BB' und VB' aus dem dritten Kepler'schen Gesetze und wenn auch noch die Entfernung AB auf der Erde bekannt ist, so kann man die Entfernung A'B' auf der Sonne berechnen. Weiß man nun noch, wieviel dieser Abstand in Gradmaß beträgt, so kann man mittels der gleichfalls bekannten Größe des scheinbaren Sonnendurchmessers (des Winkels, unter welchem uns der Sonnendurchmesser erscheint) die wahre Größe dieses Durchmessers, daraus aber wieder die Entfernung und die Parallaxe der Sonne berechnen. Um aber den Abstand der beiden Sehnen GH und EF in Gradmaß zu finden, hat man nur nöthig, die Entfernung einer jeden von ihnen vom Sonnenmittelpunkte zu bestimmen.

Diese Bestimmung kann nun auf verschiedene Art geschehen. Das älteste Verfahren besteht eben darin, die Dauer des Durchganges zu beobachten, denn man sieht ohne Weiteres ein, daß diese um so größer sein muß, je näher die Sehne dem Mittelpunkte liegt. Es kommt nun darauf an, Stationen von möglichst großer Breitendifferenz zu wählen.

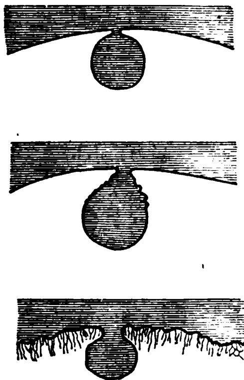
Im Jahre 1761 traf man alle Vorbereitungen, den Venusdurchgang auf diese Weise zu beobachten. Es zeigte sich aber, daß für die meisten Stationen entweder nur der Eintritt oder nur der Austritt sichtbar war, die Dauer des Verweilens sich also nicht bestimmen ließ. Es kam daher ein anderes, von de l'Isle in Vorschlag gebrachtes Verfahren in Anwendung. Unsere Figuren 5 und 6 zeigen, daß an zwei Stationen von bedeutender Längendifferenz der Moment des Eintrittes und ebenso derjenige des Austrittes ein anderer ist. Beobachtet man nun die absolute Zeit des Ein- oder Austrittes an beiden Stationen, so läßt sich aus der Differenz dieser Zeiten und aus der Entfernung der zwei Stationen ebenfalls die Parallaxe der Sonne berechnen. Diese Methode verlangt zwar nur die Beobachtung des Aus- oder Eintrittes, aber sie macht eine genaue Bestimmung des Längenunterschiedes beider Stationen nöthig, eine Aufgabe, die zu den schwierigsten der praktischen Astronomie gehört.

Bei den jetzt besprochenen Methoden ist es nöthig, den Moment genau zu bestimmen, in welchem die Ränder beider Himmelskörper sich eben berühren. Es treten aber vier solche Contacte ein: zuerst berührt Venus die Sonne von außen, tritt

dann in die Sonnenscheibe ein und berührt nach einiger Zeit wieder den Rand derselben von innen. Ebenso finden beim Austritt zwei Contacte statt, erst ein innerer und dann ein äußerer. Im vorigen Jahrhundert durfte man nicht ernstlich daran denken, die Zeit des äußeren Contactes beim Eintritt genau zu beobachten, weil Venus unsichtbar war, so lange sie außerhalb der Sonnenscheibe stand, und weil man außerdem den Ort des Contactes nicht ganz genau kannte. Vor dem vorjährigen Venusdurchgange aber sind von verschiedenen Seiten Vorschläge gemacht worden, das Spectroskop zu diesem Zwecke anzuwenden in ähnlicher Weise wie man dasselbe zur Beobachtung der Sonnenprotuberanzen benutzt. Derartige Beobachtungen sind namentlich von Secchi*) und von Zöllner empfohlen worden und die Franzosen und Italiener haben in der That versucht, beim vorjährigen Venusdurchgange solche anzustellen.

Früher aber mußte man sich auf die Berührung der innern Contacte beschränken. Da Venus bei ihrem Eintritt als ein dunkler Randausschnitt an der Sonne sichtbar wird, der sich mehr und mehr zu einem vollen Kreise ausbildet, so kommt es nur darauf an, genau den Moment wahrzunehmen, in welchem die beiden Lichtspitzen, die am Sonnenrande diesen dunkeln Kreis umfassen, sich vereinigen. Bei den Beobachtungen von 1761 und 1769 beobachtete man aber eine eigenthümliche Erscheinung, die unter dem Namen des „schwarzen Tropfens“ bekannt ist. Es blieb nämlich zwischen dem Sonnenrande und der Venus, wenn dieselbe bereits kreisrund auf der hellen Sonnenscheibe stand, noch eine dunkle Verbindung, ähnlich als wäre zwischen beiden ein Tropfen einer dunkeln Flüssigkeit (s. Fig. 8). Beim weitern Vorrücken zerriß diese Verbindung

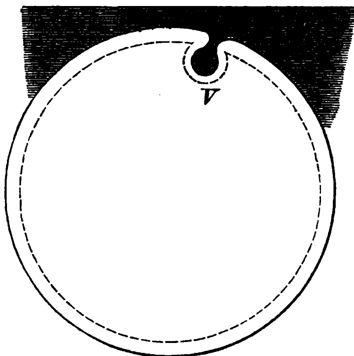
Fig. 8.



*) Secchi in den Comptes rendus, 1871 oct. 23, p. 984.

mit einem Male. Bei den Beobachtungen des vorigen Jahrhunderts war Niemand auf diese Erscheinung vorbereitet, und es haben wahrscheinlich verschiedene Beobachter wesentlich verschiedene Momente als Augenblicke des Contactes aufgezeichnet. Die Erscheinung dieses dunkeln Tropfens, die auch beim Mercurdurchgange 1868 bemerkt wurde, rührt wohl zum Theil von Fehlern der Beobachtungsinstrumente her, hauptsächlich aber ist sie, wie schon Lalande bemerkt hat, eine Folge der Irradiation, welche jede helle Fläche etwas größer erscheinen läßt. In Figur 9 stelle der große punktirte Kreis den wahren Umfang der Sonnenscheibe dar. Der helle Lichteindruck verbreitet sich aber auf der Netzhaut des Beobachters noch über die Grenzen des geometrischen Bildes, das dort entsteht, hinaus; die Sonne erscheint daher größer, wie der ausgezogene Kreis angiebt. Die dunkle Venusscheibe bei V erscheint in Folge der Irradiation kleiner; wenn sie aber am Rande der Sonne steht, so kann an dieser Stelle der Radius der letzteren nicht durch Irradiation vergrößert werden und es entsteht daher, wie die Figur dies andeutet, die Erscheinung des schwarzen Tropfens.

Fig. 9.



Um diese ganze Erscheinung genauer kennen zu lernen, haben Beobachter des vorjährigen Venusdurchganges vorher mit künstlichen Venusdurchgängen Versuche angestellt. Hinter einer Metallscheibe mit kreisförmigem Ausschnitt bewegte sich, durch ein Uhrwerk getrieben, eine Glastafel, auf welcher ein kleiner Metallkreis die Sonne repräsentirte. Wenn die beiden hellen Spitzen beobachtet wurden, die nach dem Contactpunkte hinliefen, so ergab sich, daß dieselben plötzlich zusammengingen; aber zwischen dem Planeten und dem Rande blieb noch ein leichter Schatten,

der einige Secunden dauerte. Richtete man aber das Augenmerk auf den dunkeln Theil zwischen beiden Spitzen, so bemerkte man, etwa eine Secunde vor deren Vereinigung, eine plötzliche Abnahme der Dunkelheit, und es zeigte sich, daß dieser Moment nahezu mit dem wirklichen Contact zusammenfiel. Diese und ähnliche Vorübungen lassen hoffen, daß die Contact-Beobachtungen des vorigen Jahres zuverlässiger sein werden, als die des vorigen Jahrhunderts.

Im vorigen Jahrhunderte kannte man keine andere Methode, die kürzeste Entfernung der von der Venus beschriebenen Sehne vom Sonnenmittelpunkte zu messen, als die oben erwähnte indirecte mittels der Dauer des Verweilens. Beim vorjährigen Venusdurchgange sind aber noch zwei andere Methoden mit Erfolg in Anwendung gekommen.

Statt der erwähnten Entfernung von Mittelpunkte, könnte man auch die Entfernung der Venus vom obern oder untern Sonnenrande messen. Hierzu eignet sich aber ein von Bouguer erfundenes, von Dollond verbessertes, in neuerer Zeit von Fraunhofer und gegenwärtig von Repsold in Hamburg in vorzüglicher Weise ausgeführtes Instrument, das unter dem Namen Heliometer bekannt ist, weil es zuerst zur genauen Messung des Sonnendurchmessers benutzt worden ist. Es besteht aus einem Fernrohr, dessen Objectiv in zwei Hälften zerschnitten ist. Jede dieser Hälften giebt ein Bild und durch Bewegung der beiden Hälften an einander hin kann man diese Bilder zur Berührung bringen. Diese Verschiebung erfolgt mittels feiner Mikrometerschrauben, und es können auf diese Weise ganz kleine Winkel mit sehr großer Schärfe gemessen werden.

Auf demselben Princip beruht das Airy'sche Doppelbild-Mikrometer, welches beim vorjährigen Venusdurchgang mehrfach von den Engländern benutzt worden ist. Bei diesem Instrumente ist nicht das Objectiv-, sondern das Ocularglas in zwei Hälften getheilt.

Ein anderes Hilfsmittel zur genauen Feststellung der Bahn, welche die Venus auf der Sonnenscheibe beschreibt, bietet die Photographie. Indem man mit dem Fernrohr einen photographischen Apparat verbindet, kann man die Himmelskörper abbilden, und man hat z. B. schon vor Jahren in Amerika

Photographien von Doppelsternen erhalten, aus denen man ihre Entfernung abmessen kann mit einem wahrscheinlichen Fehler, der nach Bond nur 0″072 beträgt, d. i. 1/3 des wahrscheinlichen Fehlers, den Struve für ähnliche Messungen mit einem Fadenmikrometer angiebt. Photographien der Sonne sind seit einer Reihe von Jahren schon in Kew erhalten worden, und es haben dieselben ein vorzügliches Mittel zur genauen Bestimmung des Sonnendurchmessers geboten. Ein gewöhnliches Teleskop würde aber ein zu kleines Sonnenbild liefern. Deshalb hat man besondere Instrumente, sogenannte Photoheliographen construirt, welche ein größeres Bild geben. Es sind zwei wesentlich verschiedene Anordnungen dieses Instrumentes gebräuchlich Bei der einen, die von Warren de la Rue herrührt, wird das Bild, welches das Objectiv eines gewöhnlichen Refractors im Brennpunkte entwirft, durch eine besondere Linsencombination vergrößert bis zu einem Durchmesser von ungefähr vier Zoll. Das Fernrohr ist äquatorial montirt und folgt der Bewegung der Sonne. Da das Sonnenlicht äußerst intensiv ist, so muß man Sorge tragen, die Zeit der Exposition möglichst abzukürzen. Ein beweglicher Laden, der durch einen Faden gehalten wird, schließt daher alles Licht von der sensitiven Platte ab. Sobald man aber diesen Faden durchschneidet, zieht eine kräftige Feder den Laden, in welchem sich ein etwa 1/40 Zoll weiter Spalt befindet, rasch nach unten. Die Zeit, während welcher dieser Spalt dem Sonnenlicht Zutritt zur Platte gestattet, genügt zur Erzeugung des Bildes. Die andere, von Rutherford in Newyork herrührende Anordnung besteht in der Anwendung einer Linse von großer Brennweite. Die Amerikaner und Lord Lindsay haben bei dem vorjährigen Venusdurchgange derartige Instrumente benutzt. Die Brennweite der Objectivlinse beträgt 40 engl. Fuß. Es wird zu dem Zwecke ein Siderostat aufgestellt ähnlich dem von Foucault construirten (s. dieses Jahrb. IV, S. 87), d. i. ein Planspiegel, der der Bewegung der Sonne folgt und die Strahlen derselben immer genau in derselben Linie reflectirt. Unmittelbar vor den Siderostat wird die Linse gestellt, die in 40 Fuß Entfernung ein Bild von etwa 4 Zoll Durchmesser giebt. An dieser Stelle befindet sich ein Fenster in der Hütte des Photographen, der seine Dunkelkammer gar nicht zu verlassen braucht, sondern nur

die Platte einzusetzen und nach der Exposition das Bild zu entwickeln hat.

Ueber die zweckmäßigste Präparation der Platten für die Photographie des Venusdurchganges sind zahlreiche Untersuchungen von Vogel und Lohse in Bothkamp, von Paschen, Warren de la Rue, Oberst Smysloff in Wilna, Cap. Abney in Chatham u. A. angestellt worden und man hat sich namentlich von der großen Brauchbarkeit der Trockenplatten überzeugt.

Heliometer und Photographie dienen indessen nicht allein zur Bestimmung des Abstandes der von der Venus beschriebenen Sehne vom Sonnenmittelpunkte, sondern man kann mit ihrer Hilfe auch die Bewegung der Venus während des ganzen Durchganges verfolgen. Der Ort, an welchem die Venus zu einer gewissen Zeit vor der Sonnenscheibe gesehen wird, ist aber abhängig von der Lage des Beobachtungsortes, und zwar bezieht sich diese Abhängigkeit sowohl auf die Entfernung vom Sonnenmittelpunkte, als auch auf die Richtung derselben oder den Positionswinkel. Auch die Messung dieser Positionswinkel von verschiedenen Stationen aus bietet daher ein Mittel zur Berechnung der Sonnenparallaxe.

Außerdem kann man die Photographie auch dazu benutzen, den Moment des Eintritts in die Sonnenscheibe und ebenso den des Austrittes sehr genau zu ermitteln. Fertigt man nämlich um die Zeit des Ein- oder Austrittes in kurzen Zwischenzeiten, etwa von Secunde zu Secunde, Bilder der Sonne und der Venus, so wird man das Fortschreiten derselben deutlich wahrnehmen, und wenn man diese Bilder mikroskopisch ausmißt und die Zeit der Aufnahme kennt, so kann man den Moment, in welchem sich die Ränder beider Körper berühren, sehr genau berechnen. Der bekannte französische Astronom J. Janssen hat zu dem Zwecke einen besondern Apparat construirt, den er mit dem Namen photographischer Revolver belegt.*) Die photographische Platte ist in einer Büchse angebracht, die in ihrem Deckel einen Spalt hat; mittels eines Triebes und gezahnten Randes empfängt die Platte eine je nach der Größe der Bilder veränderliche Winkelbewegung. Vor der Büchse befindet sich eine Scheibe mit radialen Einschnitten, welche mit

*) Comptes rendus, 1874 févr. 15, p. 677, 1874 juillet 6, p. 6.

continuirlicher Geschwindigkeit rotirt. Wird nun die Platte im Brennpunkte des Fernrohres aufgestellt, so entsteht allemal, wenn eine Spalte der rotirenden Scheibe vor der Spalte im Deckel der Büchse vorübergeht, ein Bild der Sonne. Ursprünglich wollte Janssen zur Rotationsbewegung Elektricität anwenden, es zeigte sich aber die Federkraft als ein gleichmäßigerer Motor.

Die Venusdurchgänge von 1761 und 1769. Auf Anregung der bedeutendsten Gelehrten wurden von Seiten der gelehrten Körperschaften und der verschiedenen Regierungen Astronomen in die entlegendsten Gegenden geschickt, um den Venusdurchgang vom 9. Juni 1761 zu beobachten. Von den Engländern ging Maskelyne nach St. Helena, Mason und Dixon, ursprünglich nach Sumatra bestimmt, beobachteten am Cap der Guten Hoffnung. Der Franzose Pingré ging nach der Insel Rodriguez; Le Gentil segelte erst nach Isle de France und von da nach Ostindien, um in Pondicherry zu beobachten. Als aber das Schiff an die Malabarküste kam, erfuhr er, daß inzwischen die Engländer Pondicherry erobert hatten, kehrte daher zurück und auf der Fahrt zwischen Point de Galle und Isle de France konnte er den Venusdurchgang bei schönstem Wetter, aber freilich auf dem schwankenden Schiffe nur unvollkommen mit Hilfe eines an einem Mast aufgehängten Fernrohres von 15 franz. Fuß Brennweite beobachten. Le Gentil entschloß sich nun, acht Jahre auf der südlichen Halbkugel zu verweilen, um den nächsten Durchgang der Venus zu beobachten. Nachdem er in der Zwischenzeit auf den Mascarenen, auf Madagascar, den Marianen, Philippinen und an der indischen Küste eine Menge astronomischer Beobachtungen angestellt, ging er im August 1766 nach Manilla und rüstete sich zur Venusbeobachtung 1769. Aber er wurde nach Pondicherry zurückberufen und um sein Mißgeschick voll zu machen, verhüllten im entscheidenden Momente Wolken die Sonne, so daß keine Beobachtung möglich war. Doch hatte er die Genugthuung, daß zweien seiner Freunde auf Manilla die Beobachtungen gelangen. Zum Venusdurchgange 1761 zurückkehrend, erwähnen wir noch, daß von der russischen Akademie die Astronomen Chappe d'Auteroche und Rumowski nach Sibirien gesandt worden, während die Stockholmer Akademie in Stockholm, Upsala, Tornea, Cajaneborg, Hernösand, Lund, Landscrona und Calmar, die dänische in Kopenhagen und

Drontheim beobachten ließ. Außerdem lieferten auch die Missionen in Peking und in Ostindien und eine Anzahl von Freunden der Astronomie in Madras und Calcutta, sowie in vielen europäischen Städten Beobachtungen. Encke hat später aus den an 63 Stationen gewonnenen Resultaten den Werth von 8″49 für die Sonnenparallaxe berechnet.

Noch zahlreicher waren die Beobachtungen des Durchganges vom 2. Juni 1769. Dänemark sandte den Wiener Astronomen P. Hell nach Wardöhus, England die Astronomen Bailey und Dixon nach Hammerfest, in Cajaneborg in Finnland beobachtete Planmann, in Upsala Melander, in Abo Justander; die Petersburger Akademie schickte die Genfer Pictet nach Umba und Maillet nach Puovi, ferner ging der Russe Rumowski nach Kola, Isleniew nach Jakutsk, Lowitz nach Guriew, Krahl nach Orenburg, Christian Euler nach Omsk. In Petersburg selbst beobachteten Morjan aus Mannheim, Albert Euler, Lexel und Kotelnikow. Frankreich schickte Chappe nach Californien, Pingré nach St. Domingo, Veron nach Ostindien; von der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften gingen Dymond und Wales nach der Hudsonsbai, Call nach Madras und der Cap. Cook brachte den Astronomen Green nach Otaheiti. Aus den Beobachtungen von 50 Stationen in Europa, 6 in Asien, 17 in Amerika und einer in Polynesien hat Encke für die Sonnenparallaxe 8″60 berechnet; aber nach einer von Littrow entdeckten Verbesserung der Hell'schen Orginalbeobachtungen ergab sich unter Hinzunahme der Beobachtungen von 1761 der Werth 8″57116, entsprechend einer mittleren Entfernung der Sonne von 20682329 geogr. Meilen = 157742000 Kilometer.

Dieses Resultat, welches 1827 veröffentlicht wurde, hat fast vierzig Jahre lang als sicher bis auf ½ Proc. des Werthes gegolten. Neuere Untersuchungen haben es aber sehr wahrscheinlich gemacht, daß dieser Werth um etwa den 20sten Theil zu vergrößern ist. So hat Hansen aus seinen Untersuchungen über die Bewegung des Mondes 8″916 gefunden und Powalky leitete 1864 mit Hilfe der inzwischen genauer bestimmten Längen verschiedener Stationen aus den Beobachtungen von 1769 den Werth 8″86 ab (vgl. dieses Jahrb. IV, S. 13), der ziemlich genau mit den aus den Marsbeobachtungen von 1862 berechneten übereinstimmt. Neuere Berechnungen dieser Zahl haben wir schon

S. 32 u. f. erwähnt. Es galt nun, diese verschiedenen Rechnungen, welche unter sich gut stimmende Resultate geben, zu bestätigen oder nach Befinden zu berichtigen durch neue Beobachtungen von Venusdurchgängen, und deshalb rüstete man sich schon seit Jahren zu genauen Beobachtungen der beiden nächsten Durchgänge. Es mögen an dieser Stelle die Durchgänge des 19ten und der nächsten Jahrhunderte angegeben werden:

1874	Dec.	9	2125	Dec.	8
82	„	6	2247	Juni	11
2004	Juni	8	55	„	8
12	„	6	2360	Dec.	13
2117	Dec.	11	68	„	10.

Nähere Umstände des Durchganges von 8/9. December 1874. Die Conjunction der Sonne fand nach unserer Zeit in der Nacht vom 8. zum 9. December statt und dauerte von 1/23 Uhr bis 7 Uhr morgens am 9. December nach bürgerlicher Zeitrechnung. In mittleren und westlichen Europa war derselbe daher nicht sichtbar, weil die Sonne damals unterm Horizonte stand. Erst auf den Inseln des Stillen Oceanes, auf den Aleuten, den Sandwichs- und Marquesas-, den Gesellschafts-, Niedrigen Inseln ꝛc. stand die Sonne zu dieser Zeit noch überm Horizonte, man zählte noch den 8. December, es war der Eintritt der Venus bei Sonnenuntergang sichtbar, während der weitere Verlauf der Erscheinung in die Nacht fiel. Weiter nach Westen war ein immer größerer Theil der Erscheinung sichtbar und auf den Marschallinseln, den Marianen und Philippinen konnte man den ganzen Vorübergang während des Nachmittags, theilweise schon Vormittags am 8. December beobachten. Auch weiter nördlich in Japan, China, Sibirien, Hinter- und Vorderindien, sowie nach Süden in Neuguinea, Neuseeland, Australien war der ganze Durchgang sichtbar; wegen der eigenthümlichen Krümmung der Linie des Datumwechsels (s. dieses Jahrb. VII, S. 63) zählte man aber dort überall bereits den 9. December. So dauerte z. B. der Vorübergang in

Sidney	von	11	Uhr	52	Min.	Vorm.	bis	4	Uhr	25	Min. Nachm.
Melbourne	„	11	„	28	„	„	„	4	„	0	„ „
Yokuhama	„	11	„	1	„	„	„	3	„	50	„ „
Shanghai	„	9	„	50	„	„	„	2	„	38	„ „
Nertschinsk	„	9	„	41	„	„	„	2	„	32	„ „
Peking	„	9	„	30	„	„	„	2	„	19	„ „
Irkutsk	„	8	„	41	„	„	„	1	„	32	„ „

Madras	von	7 Uhr	12	Min.	Vorm.	bis	11 Uhr	53	Min.	Vorm.
Bombay	„	6 „	42	„	„	„	11 „	25	„	„
auf den Kerguelen	„	6 „	32	„	„	„	10 „	59	„	„

Weiter nach Westen hin war blos der zweite Theil der Erscheinung sichtbar, die Venus stand bei Sonnenaufgang bereits vor der Sonne. So war es im westlichen Asien, in Mittel- und Ostafrika, im östlichen und südlichen Theile des europäischen Rußland, in der Türkei und Griechenland; es fand z. B. der Austritt statt in Orenburg am Vormittage des 9. Dec. 10 Uhr 17 Min., in Astrachan 9 Uhr 49 Min., in Tiflis um 9. Uhr 36 Min., in Suez um 8 Uhr 46 Min., in Alexandria um 8 Uhr 36 Min., am Cap um 7 Uhr 40 Min.

Diese Verhältnisse werden verdeutlicht durch das nach einer Zeichnung von Peters reducirte Kärtchen, welches im VI. Jahrg. dieses Jahrb. S. 37 abgedruckt ist.

Die Beobachtungen von 1874. Schon seit Jahren hatten die Astronomen auf die Wichtigkeit des im Dec. vor. J. bevorstehenden Venusdurchganges aufmerksam gemacht, und von einzelnen Regierungen waren bereits vor längerer Zeit die zur Ausrüstung der Beobachtungsexpeditionen nöthigen Mittel bewilligt worden.

In Deutschland gab ein in der sächs. Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig im J. 1869 gestellter Antrag, der durch Vermittlung der sächsischen Regierung an den Bundesrath des Norddeutschen Bundes gelangte, die erste Anregung. Im October versammelten sich die von den Bundesregierungen ernannten Commissare; die Astronomen Hansen aus Gotha, Argelander aus Bonn, Bruhns aus Leipzig, Winnecke (damals in Carlsruhe), Förster aus Berlin, G. Rümker aus Hamburg, der Akademiker Auwers aus Berlin und der Vorsteher der mecklenburgischen Landesvermessung Paschen aus Schwerin, entwarfen ein Programm und legten einen Kostenanschlag vor. Nach Herstellung des deutschen Reiches traten noch Seidel aus München und Schönfeld aus Mannheim der Commission bei, und im Mai 1873 wurde eine zweite Conferenz abgehalten. Eine dritte fand im August desselben Jahres im Anschluß an die Versammlung der Astronomischen Gesellschaft statt, und an ihr nahmen auch v. Struve aus Pulkowa, Newcomb aus Washington, van de Sande-Backhuyzen, Krüger aus Helsingfors,

Lord Lindsay und Gill aus London theil. Die schließliche Ausrüstung wurde 1873 einem Executionsausschusse, aus Auwers, Bruhns und Rümker bestehend, übertragen. Vom Reiche wurden im Etat 1873/4 zusammen 140000 Thlr. für die Arbeiten bewilligt

Was die Beobachtungsmethoden anlangt, so legte die deutsche Commission das Hauptgewicht auf die Heliometerbeobachtungen und es wurden zu dem Zwecke vollständig gleich große Heliometer von Fraunhofer, deren Fernröhre 1 Meter Brennweite und 76 Millim. Oeffnung besitzen, mitgegeben. Außerdem aber wurden auch photographische Aufnahmen gemacht. Die dazu benutzten Fernröhre und Apparate sind von Steinheil in München, zwei Fernröhre haben $2^1/_2$ Meter Brennweite und etwa 160 Millim. Oeffnung, zwei andere, nach neueren Principien construirte, haben 2 Meter Brennweite und etwa 110 Millim. Oeffnung; es wurden Trockenplatten zu den Aufnahmen benutzt. Ferner wurden zur Beobachtung der Contacte Refractoren von 2 Meter Brennweite und 118 Millimeter Oeffnung mitgegeben. Kleinere Refractoren dienten theils ebenfalls zu Contactbeobachtungen, theils zu Ortsbestimmungen. Außerdem wurden noch kleine Meridianinstrumente, Uhren, kleinere astronomische und verschiedene meteorologische Instrumente mitgegeben. Jede Expedition erhielt ein transportables Observatorium, bestehend aus zwei eisernen Drehthürmen und einem dazwischen liegenden Meridianzimmer, ein Observatorium für die photographischen Aufnahmen, eine Dunkelkammer, die Expeditionen nach den Kerguelen und Aucklandsinseln wurden auch mit hölzernen Wohnhäusern versehen.

Astronomische Vorübungen hatte man in Straßburg und Leipzig, photographische in Berlin und Schwerin angestellt.

Im Ganzen wurden fünf Stationen von den Deutschen besetzt, davon drei vollständige, d. h. für Heliometerbeobachtungen und astronomische Aufnahmen, in Tschifu, auf den Kerguelen und Aucklands-Inseln, eine Heliometerstation auf Mauritius und eine photographische in Ispahan.

In Tschifu, an der Straße von Petschi-li im nördlichen China gelegen, beobachteten die Astronomen Dr. Valentiner, Observator in Leiden, Dr. Adolf aus Elberfeld, Dr. Reimann aus Ratibor, als Mechaniker fungirte der Student Deichmüller und

für die photographischen Aufnahmen waren die Photographen Kardätz und Eschke bestimmt. Die Expedition ging am 20. August mit dem Postdampfer von Southampton ab, kam am 17. October in Shanghai an und wurde von da aus durch die kaiserliche Corvette „Arkona" nach ihrem Bestimmungsorte gebracht. Die Beobachtungen gelangen; am 18. Dec. langte in Berlin das Telegramm an: „Der Venusdurchgang ist erfolgreich beobachtet worden. Die Contactbeobachtungen, die Heliometermessungen und die photographischen Aufnahmen sind glänzend gelungen, die Offiziere der „Arcona" unterstützten uns trefflich." Zur Feststellung der Längendifferenz durch Chronometerübertragung wurden nachher von der „Arcona" wiederholt Reisen zwischen Tschifu und Nagasaki gemacht.

Die Kerguelen-Inseln, im Febr. 1772 von dem französischen Seefahrer Kerguelen Tremarec im südlichen Indischen Ocean in 49° südl. Br. und 70° östl. Länge von Greenwich entdeckt, wurden zu einer Beobachtungsstation bestimmt, nachdem durch im Herbste 1873 von der „Arcona" vorgenommene Untersuchungen festgestellt worden war, daß auf den anfangs in Aussicht genommenen Macdonalds-Inseln die meteorologischen Verhältnisse weniger günstig seien. Die Expedition bestand aus dem Vorsteher des kaiserl. Marineobservatoriums in Wilhelmshafen Dr. Börgen, dem Astronomen Dr. Wittstein aus München, dem Leipziger Observator Weineck, Dr. Studer aus Bern, Kammerphotograph Bobsin aus Schwerin und Mechaniker Krille aus Schwerin. Zur Ueberführung wurde die kaiserl. Glattdeckcorvette „Gazelle" bestimmt, welche mit dieser Reise eine wissenschaftliche Erdumseglung verbinden soll. Am 21. Juni segelte die Expedition von Kiel ab und langte am 20. October am Bestimmungsorte, in der Bedsy Cove, 49° 9'5 südl. Br. und 70° 12' östl. Länge von Greenwich an. Auch hier gelangen die Beobachtungen nach allen drei Methoden: Photographie, Heliometermessungen und Contactbeobachtungen sehr glücklich. Doch war im übrigen das Wetter ungünstig, so daß die Expedition längere Zeit dort verweilen mußte, um die zur Längenbestimmung nöthigen Mondbeobachtungen anzustellen.

Nach den Auckland-Inseln, südlich von Neuseeland in 51° südl. Breite, gingen Dr. Seeliger, Observator in Bonn, Dr. Schur, Observator in Straßburg, die Photographen Krone

und Dr. Wolfram aus Dresden, Mechaniker Leyser aus Leipzig und Krone jun. aus Dresden. In Begleitung einiger Marineofficiere reisten sie zunächst nach Melbourne, wo ein Dampfer gechartert wurde, der sie an den Ort ihrer Bestimmung brachte. Auch diese Expedition erhielt mit allen drei Beobachtungsmethoden gute Resultate, obwohl die Beobachtungen des Eintrittes durch das Wetter gestört wurden.

Die astronomische Station in Union Vale auf Mauritius wurde von Dr. Löw, Astronom am geodätischen Institut in Berlin, Dr. Pechüle, Astronom in Hamburg, Heidorn aus Göttingen und den Mechaniker Döller aus Straßburg besetzt. Das Wetter war zwar am Anfang und Ende etwas trübe, während des Durchganges aber klar und es konnten 48 Einstellungen mit dem Heliometer gemacht, auch der Austritt gut beobachtet werden.

Nach Ispahan in Persien endlich gingen der Observator der Kieler Sternwarte Dr. Peters, sowie die Photographen Dr. Fritsche und Dr. Stolze aus Berlin. Obwohl die Witterung sehr ungünstig war, wurden doch vierzehn brauchbare photographische Aufnahmen gewonnen, die Contactbeobachtungen dagegen wurden durch Wolken wesentlich gestört.

Außerdem beobachtete noch Auwers mit verschiedenen Astronomen anderer Nationen den Durchgang in Theben in Oberegypten.

Großbritannien hat nach 5 Gegenden amtliche Expeditionen geschickt: eine nach Egypten unter Cap. C. O. Browne mit zwei Stationen in Alexandria und Kairo, eine andere unter Cap. G. L. Tupman nach dem Sandwichsinseln, woselbst drei Stationen besetzt wurden, eine von Tupman auf Honolulu, eine zweite von Forbes auf Hawaii und die dritte von R. Johnson auf Kanai; die dritte Expedition ging nach der Insel Rodriguez im Indischen Ocean unter Lieutenant C. B. Neale, die vierte unter Major H. Palmer nach Christchurch auf Neu-Seeland, die fünfte endlich nach den Kergueleninseln unter Rev. S. J. Perry, wo zwei Stationen besetzt wurden, Christmas Harbour von Perry und Port Paliser von Lieut. C. Corbet. Zu den beiden oben erwähnten officiellen britischen Stationen in Egypten kam noch eine private des Col. Campell bei Theben unter Airy's Leitung.

Die indische Regierung ließ ferner unter Col. Tennant

in Roorkee beobachten. Außerdem leisteten die Sternwarten zu Madras, am Cap, in Melbourne und Sydney gute Dienste.

Bei allen officiellen britischen Beobachtungen wurde die de l'Isle'sche Methode an erster Stelle in Anwendung gebracht, doch machte man auch von andern, namentlich von der photographischen Gebrauch. Nur mit dem Heliometer wurde nicht beobachtet. Es mag noch daran erinnert werden, daß in Egypten nur der Austritt, auf den Sandwichsinseln nur der Eintritt sichtbar war.

Außer den von der Regierung abgesandten Expeditionen ist aber auch noch die glänzend ausgestattete Expedition des Lord Lindsay nach Mauritius zu erwähnen. Im Gegensatz zu seinen Landsleuten wandte Lindsay das Heliometer an, außerdem aber auch, wie bereits erwähnt, den Photoheliograph mit Siderostat; auch versuchte er die spectroskopische Methode zur Bestimmung des äußeren Contactes.

Frankreich besetzte im Ganzen sechs Stationen, drei auf der südlichen und drei auf der nördlichen Halbkugel. Es ging nämlich eine Expedition nach der Campell-Insel im südlichen Großen Ocean, 52° südl. Br. und 169° östl. L. von Greenwich, unter der Führung von Bouquet de la Grye, eine andere nach der Insel St. Paul im südlichen Indischen Ocean, 39° südl. Breite, unter Schiffscapitän Mouchez, eine dritte mit dem Astronomen André nahm ihren Standpunkt in Numéa auf Neucaledonien; nach Peking ging eine Expedition unter Schiffslieutenant Fleuriais, der Akademiker Janssen und der Astronom Tisserand aus Toulouse gingen nach Yokohama, eine kleinere Station in Saigon endlich stand unter der Leitung des Hydrograph-Ingenieurs Hérand.

Zur Beobachtung der Contacte erhielten alle Expeditionen Aequatoreale von 6 Zoll Oeffnung, wie diejenigen anderer Nationen; außerdem wurden noch zwei südliche und zwei nördliche Stationen mit Aequatorealen von Eichens ausgestattet, deren Objective von Evrard 8 Zoll Durchmesser besitzen. Hauptsächlich aber suchten die Franzosen die Photographie anzuwenden, und zwar nach Fizeau's Vorschlag das Daguerre'sche Verfahren, welches viel feinere Details geben soll, als die andern Methoden.

Nordamerika schickte acht Expeditionen aus: eine unter

Prof. A. Hall nach Wladiwostock in Sibirien, die zweite nach Nagasaki in Japan unter G. Davidson, die dritte unter Prof. James C. Watson nach Peking, die vierte unter Cap. Raymond nach den Crozet-Inseln im südlichen Indischen Ocean, 46° südl. Br., die fünfte unter George P. Ryan nach den Kerguelen-Inseln, die sechste unter Prof. W. N. Harkneß nach Hobart Town auf Tasmania, die siebente unter Prof. C. H. Peters nach Bluff Harbour auf Neuseeland, die achte unter Edwin Smith nach der Chatham-Insel im südlichen Großen Ocean. Die vierte dieser Expeditionen erreichte indessen ihr Ziel, die Crozet-Inseln, nicht und sah sich genöthigt, auf der Campell-Insel zu beobachten.

Das Hauptgewicht wurde auf die photographische Aufnahme gelegt, die Expeditionen wurden mit Photoheliographen und Siderostaten nach Rutherford's Anordnung ausgestattet, daneben wurden auch Contactbeobachtungen ausgeführt. Die Leitung des Ganzen hatte Prof. Newcomb.

Auch Mexico war vertreten durch Cobarrulias, der in Nagasaki mit Erfolg beobachtete.

Die größte Anzahl von Stationen, nämlich an 30, hatte Rußland besetzt. Russische Astronomen beobachteten in Jeddo, Nakhodka (42° 48′ n. Br., 8 St. 51 Min. östliche Länge von Greenwich), Wladiwostock, Port Possied (42° 40′ n., 8 St. 43 Min. ö.), Hanka (45° 4′ n., 8 St. 51 Min.), Busse (46° 24′ n., 9 St. 15 Min.), Peking, Haberowka (48° 16′ n., 8 St. 59 Min. ö.), Nertschinsk (51° 18′ n., 7 St. 59 Min. ö.), Tschita (52° 1′ n., 7 St. 34 Min. ö.), Kiachta, Blagoweschtschensk (50° 15′ n, 8 St. 30 Min. ö.), Omsk, Taschkent, Fort Perowski (44° 51′ n., 4 St. 22 Min. ö.), Fort Uralsk, Orenburg, Krasnowodsk 40° 0′ n., 3 St. 32 Min. ö.), Aschuradeh (56° 54′ n., 3 St. 36 Min. ö.), Nakritschewan (39° 12′ n., 3 St. 2 M. ö.), Eriwan, Tiflis, Jalta, (44° 30′ n., 2 St. 17 Min. ö.). Kertsch, Theben in Egypten, Teheran in Persien. Außerdem wurden auch noch an mehreren Orten bei sehr niedrigem Sonnenstande Beobachtungen angestellt, wie in Kasan, Nikolajew, Charkov, Odessa. Ein großer Theil der Stationen wurde mit 4- und 6zölligen Refractoren ausgestattet, um Contactbeobachtungen zu machen, einige hatten Heliometer mit Fernröhren von 4 Zoll Oeffnung noch andere arbeiteten mit Photoheliographen.

Von österreichischen Astronomen beobachteten Weiß und Oppolzer in Jassy, Nic. von Konkoly, Schenzl und einige Professoren der Universität Klausenburg an letzterem Orte den Austritt.

Von Italien wurde eine Expedition unter Tacchini nach Bengalen gesandt, welche dort mit Spectroskop und mit Refractor Contactbeobachtungen anstellte. Tacchini zieht aus seinen Beobachtungen den Schluß, daß die Venus von einer Atmosphäre umgeben, die der unsrigen ähnlich ist und Wasserdämpfe enthält.

Endlich muß auch noch der holländischen Expedition gedacht werden, die unter Führung des Dr. Oudemans nach Réunion ging, um dort mit Heliometer und Photoheliograph zu beobachten. Außerdem wurden auch in Buitenzorg auf Java Beobachtungen angestellt.

Zu den hier erwähnten Beobachtungsstationen sind noch eine ziemliche Anzahl hinzugekommen, so daß im Ganzen an mehr als 70 verschiedenen Orten Beobachtungen des Venusdurchganges angestellt worden sind. Ein Theil der Beobachtungen ist freilich durch Ungunst der Witterung vereitelt worden. Der größte Theil aber ist gelungen und einige Expeditionen haben ein äußerst reichhaltiges Material angesammelt. So hat z. B. Col. Tennant in Roorkee 100 Photographien gewonnen, Lord Lindsay auf Mauritius erhielt 270 photographische Aufnahmen, darunter über 100 brauchbare, von seinen Begleitern maß Dr. Copeland 15 Distanzen der Venus vom Sonnenrande, außerdem beobachteten Copeland und Gill die beiden Austrittscontacte; die Amerikaner erhielten in Hobart Town 113, in Nagasaki und Wladiwostock an 80 Photographien u. s. f. Es würde zu weit führen, die Erfolge der verschiedenen Expeditionen hier im Einzelnen aufzuzählen, nur soviel mag erwähnt werden, daß eine zuverlässige Bestimmung der Sonnenparallaxe durch diese Beobachtungen gesichert erscheint. Freilich wird dieselbe noch einige Zeit erfordern und ist vor dem Jahre 1876 nicht zu erwarten.

Abgesehen von dem erwähnten Hauptzwecke sind aber die verschiedenen Expeditionen auch in geographischer und naturhistorischer Hinsicht von großer Bedeutung. Viele von ihnen sind nach wenig bekannten Gegenden gegangen und es sind ihnen daher außer

den astronomischen und photographischen Beobachtern auch Naturforscher beigegeben worden; daß die deutsche Corvette „Gazelle“ eine wissenschaftliche Reise um die Erde ausführt, nachdem sie die Mitglieder der Kerguelen-Expedition an ihren Bestimmungsort gebracht hat, ist bereits erwähnt worden. Wir haben daher auch für die beschreibende Naturwissenschaft, für Hydrographie und Erdkunde reiche Ausbeute zu erwarten. Was aber nicht an letzter Stelle in Betracht kommt, ist der Umstand, daß die verschiedensten Nationen des Erdballes einmüthig so große Anstrengungen machen, um ein Ziel zu erreichen, was so entfernt liegt von den Bestrebungen des gewöhnlichen Lebens; ein Umstand, welcher recht deutlich zeigt, daß ideelle Ziele unserem Zeitalter nicht fremd sind und daß man Unrecht thut, wenn man dasselbe beschuldigt, nur materiellen Gütern nachzujagen.

Fixsterne und Nebel.

Sternkarten und Kataloge. — Die „deutsche astronomische Gesellschaft“ hat vor meheren Jahren eine systematische Revision der Sternkatologe beschlossen, die sich auf alle Sterne der nördlichen Halbkugel bis zur 9. Größe herab erstrecken soll. In diese Arbeit haben sich 14 Sternwarten getheilt: Cambridge (England), Christiania, Palermo, Neuchatel, Leiden, Harvard College und Chicago in den Ver. St., Pulkowa, Dorpat, Helsingfors, Kasan, Berlin, Leipzig, Bonn. Jede der Zonen, in welche die Hemisphäre getheilt worden ist, wird von zwei verschiedenen Observatorien durchgesehen; Pulkowa beobachtet 539 Fundamentalsterne. Es werden auf diese Art alle Sterne in Lalande's Histoire céleste sowie in Argelanders Katalog revidirt.

Von der Pariser Sternwarte wird ein Atlas écliptique veröffentlicht, welcher eine Zone umfaßt, die sich $2^1/_2{}^0$ auf jeder Seite der Ekliptik erstreckt, und alle in einem Fernrohre von 24 Centimeter Oeffnung sichtbaren Sterne bis einschließlich 13ter Größe enthält. Jede der Karten umfaßt $^1/_3$ Stunde Rectascension. Doch werden nicht bloß 72 Karten ausgegeben werden, sondern noch einige mehr für die Stellen, in denen Ekliptik und Aequator sich schneiden. Paul und Prosper Henry haben bei Bearbeitung solcher Karten bereits mehrere

kleine Planeten und Kometen entdeckt. Eine einzige, von Wolf, André und Baillaud bearbeitete Karte enthält 4558 Sterne. Auch die Sternwarte Marseille unter Stephan's Leitung nimmt Theil an der Bearbeitung dieser Karten.

Prof. Main in Oxford hat den großen von John Herschel hinterlassenen Doppelsternkatalog nahezu vollendet. Weit umfassender ist noch der Katalog, den Burnham in Chicago vollendet hat; derselbe umfaßt 10000 Doppelsterne. Burnham hat allein 76 neue Doppelsterne entdeckt.

Ueber die Anzahl und Vertheilung der Fixsterne hat Prof. B. A. Gould, Director der Sternwarte in Cordoba, Argentinien, sich in einer Arbeit verbreitet, die er auf der Versammlung der American Association for the Advancement of Science in Hartford im August vorigen Jahres vortrug.*) Prof. Littrow in Wien hat früher unter der Voraussetzung, daß die Fixsterne an sich alle gleich hell seien und nur in Folge ihrer verschiedenen Entfernungen für uns verschieden hell erscheinen, sowie daß sie außerdem gleichmäßig im Raume vertheilt seien, und auf Grund einer Zählung der Sterne in Argelander's Katalog nach Größenklassen die Radien der Kugelschalen berechnet, innerhalb deren die Sterne der einzelnen Größenklassen liegen (Jahrg. VI. dieses Jahrb., S. 45). Ordnet man nach halben Einheiten bis zu 8,5. Größe, so ergiebt sich das Verhältniß der Helligkeit zweier auf einander folgenden Größenklassen = 1 : 0,431. Berechnet man daraus die Radien der Kugelschalen, welche nach der Hypothese die Sterne der verschiedenen Größen umschließen, so ergeben sich die nachstehenden Werthe für die Anzahl der Sterne:

Größe	Anzahl der Sterne beob.	Anzahl der Sterne berechnet	Größe	Anzahl der Sterne beob.	Anzahl der Sterne berechnet
1	6	4	5.5	463	658
1.5	4	4	6	1242	1236
2	22	8	6.5	2231	2322
2.5	12	15	7	4608	4362
3	51	28	7.5	6878	8197
3.5	60	53	8	14525	15402
4	128	99	8.5	28486	28937
4.5	140	186	9	78185	54370
5	379	350			

*) Nature, 1874 Oct. 1, p. 442.

Diese Angaben erstrecken sich nur auf die nördliche Himmelshalbkugel. Gould hat nun eine ähnliche Berechnung für den ganzen Himmel angestellt. Er hat aber dabei nur die Anzahl der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne zu Grunde gelegt, welche er für die nördliche Halbkugel dem Heis'schen Atlas coelestis, für die südliche der kürzlich von ihm vollendeten „Argentinischen Uranometrie" entnommen hat. Unter Zugrundelegung der Verhältnißzahl 0,482 ergeben sich folgende Werthe:

Größe	Anzahl der Sterne beobachtet nördl.	südl.	zusammen	berechnet
1	8	6	14	23
1.5	7	4	11	16
2	25	20	45	29
2.5	35	33	68	50
3	55	41	96	85
3.5	103	87	190	149
4	132	108	240	257
4.5	254	154	408	444
5	392	240	632	768
5.5	696	563	1259	1329
6	1374	1075	2449	2300
6.5	—	2022	—	3976
7	—	3317	—	6879
7.5	—	—	—	11900
8	—	—	—	20582
8.5	—	—	—	35601
9	—	—	—	61582

Man sieht hieraus, daß im Allgemeinen die Hypothese wohl der Erfahrung entspricht, daß aber die Abweichungen ziemlich bedeutend sind. Mit Zugrundelegung dieser Hypothese würde die Anzahl der Sterne bis herab zur 9. Größe über 200000 betragen und die Entfernung würde für die letztere Größenclasse 25 mal so groß sein als für Sterne 1. Größe im Mittel. Die Anhäufung schwacher Sterne in der Milchstraße deutet darauf, daß die Hypothese auf solche Sterne nicht mehr anwendbar ist; wahrscheinlich liegt die Grenze der Anwendbarkeit weit jenseits der 7. Größenclasse, entsprechend der zwölffachen Distanz der Sterne erster Größe.

Mit Rücksicht auf die Annahme, daß mit wachsender Entfernung von der Milchstraße die Anzahl der Sterne in allen Größenclassen abnimmt, macht Gould darauf aufmerksam, daß in dem heitern Himmel von Cordoba ein glänzender Sternen=

zug sichtbar ist, der Canopus, Sirius, Alrebaran, die hellsten Sterne des Schiffes, der Taube, des großen Hundes, der Plejaden ꝛc. enthält. Auf der andern Seite der Milchstraße erscheint derselbe Sternenstrom wieder bei α und β des Centauren, umfaßt das Sternbild des Wolfes, einen Theil des Scorpions und setzt sich durch den Schlangenträger nach der Lyra hin fort. Es scheint so ein Gürtel heller Sterne den Himmel zu umziehen, der die Milchstraße im südlichen Kreuz und in der Cassiopeja durchschneidet und einen Winkel von etwa 25° mit ihr einschließt. Auf einen Theil dieser Zone von hellen Sternen hat schon Sir John Herschel aufmerksam gemacht.

Parallaxe von Fixsternen. In den neuesten Annalen der Sternwarte von Dunsink findet sich eine Anzahl Parallaxenbestimmungen, welche von Brünnow in den letzten Jahren ausgeführt worden sind. Es sind damit für die Entfernungen einer Anzahl von Sternen Angaben gewonnen, die zu den zuverlässigsten auf diesem Gebiete gehören.

Einer der interessantesten Sterne am Himmel ist der Stern 7. Größe in den Jagdhunden, der unter der Bezeichnung No. 1830 des Groombridge Kataloges bekannt ist. Argelander fand im Jahre 1842, daß derselbe unter allen Fixsternen die größte Eigenbewegung besitze, nämlich 701″ im Jahrhundert, während der ihm in dieser Hinsicht nächststehende, der Stern 5. Größe 61 im Schwan, nur 522″ 1 hat. Diese große Eigenbewegung legte die Vermuthung nahe, daß der Stern uns ziemlich nahe stehe. Nach 48 von Peters in den Jahren 1842 und 1843 am Verticalkreise gemessenen Zenithdistanzen beträgt die Parallaxe desselben 0″224. Später sind Beobachtungen angestellt worden von Schlüter, von Wichmann mit dem Heliometer, von Dr. Struve mit dem Fadenmikrometer und eben neuerdings (1870) von Brünnow unter besonders günstigen Bedingungen mit dem Refractor der Dubliner Sternwarte. Daraus folgt die Parallaxe ungefähr gleich 1/10 Secunde, ein Resultat, das dem von Wichmann gewonnenen nahe kommt, während die von Schlüter und Struve erhaltenen nach entgegengesetzten Seiten etwa gleichweit davon abweichen. Damit nicht zu vereinigen sind indessen die von Johnson in den Jahren 1852 und 53 am Oxforder Heliometer angestellten Beobachtungen. Auch eine neuerdings von

Auwers durchgeführte Discussion derselben*) hat die Widersprüche nicht zu beseitigen versucht, es sind daher diese Beobachtungen zur Ermittelung der Parallaxe nicht weiter zu verwenden. Dieselbe beträgt

nach	Schlüter . .	0″166 ± 0″ 018
=	Wichmann . .	0 114 ± 0 019
=	O. Struve .	0 034 ± 0 029
=	Brünnow . .	0 097 ± 0 023,

also im Mittel 0″118 ± 0″011.

Für den Stern σ im Drachen findet Brünnow eine Parallaxe von etwa 1/4 Secunde, und bei dem Doppelsterne No. 85 im Pegasus hat er das Resultat erhalten, daß möglicherweise eine Differenz in der Aberrationsconstante für die beiden Componenten vorhanden ist, unter welcher Annahme sich eine Parallaxe von 0″05 ergiebt, welche Zahl indeß noch weiterer Bestätigung bedarf.

Beim Sterne No. 3077 Bradley ergab sich eine Parallaxe von 0″07.

Die Untersuchung der Wega führte zu einem von früheren Bestimmungen nicht wesentlich abweichenden Werthe; doch hat dieses Ergebniß weniger Werth, als die anderen, weil die Beobachtungen die Annahme einer bedeutenden und sehr unwahrscheinlichen Differenz im Werthe der Aberrationsconstante für die beiden Sterne zu verlangen scheinen, aus deren gemessenen Winkeldistanzen die Parallaxe abgeleitet wird.

Doppelsterne. — Der Doppelstern Prokyon. Aus der Veränderlichkeit der Eigenbewegung von Prokyon und Sirius hat Bessel im Jahre 1844 den Schluß gezogen, daß diese Sterne, „deren veränderliche Bewegungen in den vervollkommnetsten Instrumenten bemerkbar werden, Theile von Systemen sind, welche, vergleichungsweise mit den großen Entfernungen der Sterne von einander, auf kleine Räume beschränkt sind.“ Beim Sirius hat nun der Bessel'sche Gedanke schon vor längerer Zeit seine Bestätigung gefunden, indem Alvan Clark am 31. Januar 1862 einen Begleiter desselben entdeckte (s. dieses Jahrb., IV. S. 20). Neuerdings ist aber auch Prokyon als ein Doppelstern beobachtet worden. Am 19. März 1873

*) Monatsberichte der Berliner Akad. Aug. 1874, S. 569.

fand nämlich Otto von Struve unter ungewöhnlich günstigen atmosphärischen Verhältnissen am großen Refractor der Pulkowaer Sternwarte einen schwachen Lichtpunkt neben dem Prokyon auf, welcher nachher von ihm wiederholt beobachtet wurde und sich als ein Stern 11—12. Gr. herausstellte, dessen Entfernung vom Prokyon 12″4 und dessen Positionswinkel 87° 6 betrug.

Um zu entscheiden, ob dieser Stern, der bis dahin in keinem andern Fernrohre als dem Pulkowaer Refractor gesehen worden, wirklich die Ursache der Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des Prokyon sei, nahm Auwers seine früheren Arbeiten über den Prokyon wieder auf.*) Mit Benutzung der von ihm im Jahre 1861 veröffentlichen Bahnelemente und unter Hinzuziehung der seitdem angestellten Beobachtungen fand er nun die Positionswinkel für das Frühjahr 1873 gleich 70° 8 ein Resultat, welches der Annahme, daß der von Struve gefundene Stern der vermuthete Begleiter des Prokyon sei, nicht günstig war. Die Sache mußte sich aber im nächsten Frühjahre entscheiden, falls es dann gelang, den Stern wieder zu beobachten. „Ist er nämlich der theoretische“, so schrieb Auwers a. a. O. (S. 396), „so muß sein Positionswinkel Ende März 1874 = 97° sein, dagegen 84°, wenn er nicht zum Prokyon-System gehört. Eine Entscheidung im erstern Sinne würde dem Prokyon die stärkste bisher bekannte Fixsternmasse zuschreiben, nämlich 80 Sonnenmassen — mit einem Begleiter von 7 Sonnenmassen — bei einer Parallaxe von 0″24.“

Die Entscheidung ist nun in der That in diesem Sinne ausgefallen. Struve fand, daß der Positionswinkel des Sternes im Laufe eines Jahres von 87½ auf 96° gewachsen war.**)

Sirius mit seinen benachbarten, nur in kräftigen Instrumenten erkennbaren Sternen, ist in Melbourne von Macgeorge beobachtet worden. Sowohl für den von Alvan Clark als auch für den von Lassell gefundenen Begleiter würden die Positionen bestimmt.***)

Flammarion hat seine graphischen Bestimmungen

---

*) Monatsberichte der Berliner Akad. Mai 1874, S. 362.

**) Vergl. Struve's Mittheilung in der Londoner Astron. Ges. am 8. Mai 1874: Nature, 1874 May 14, p. 37.

***) Nature, 1874 Dec. 3, p. 92.

der Bahnen der Doppelsterne fortgesetzt. Bei dem Sternenpaare p Ophiuchi*),

Rectasc. = 17 St. 59 M. 8 Sec., Decl. = + 2° 31′50″, aus einem gelben Sterne 4,5. Gr. und einem rothen 6. Gr. bestehend, das seit einem halben Jahrhunderte vielfach beobachtet worden ist, fand er folgende scheinbare Bahn

halbe große Achse	. .	4″86
Excentricität	. . . .	0, 908
kleinste Distanz	. . .	1″69 in 223°4 im J. 1811
größte	. . . .	6 67 „ 118 8 „ „ 1849
Umlaufszeit	. . . .	92, 77 Jahre.

Bei Bestimmung der wahren Bahn ergab sich:

Umlaufszeit um den Schwerpunkt . .	P = 92,77 Jahre
Position des Perihels	π = 293°5
Durchgang durchs Perihel	τ = 1807,9
Excentricität	ε = 0,3859
Länge des aufsteig. Knotens	☊ = 122°
Neigung der Bahn	i = 62°
halbe große Achse	a = 4″88.

Mittels der Parallaxe = 0″168 erhält man die Entfernung des Systemes = 1,4 Millionen Sonnenfernen und die halbe große Achse ist etwas kleiner als bei der Neptunsbahn; die Masse beider Körper ist etwa 3 mal so groß als die der Sonne. Die jährliche Eigenbewegung beträgt 1″118.

Bei der Untersuchung des Doppelsternes 61 im Schwan ist Flammarion zu dem Ergebnisse gelangt**), „daß die Bewegung des kleinen Sternes im Bezug auf den großen genau geradlinig erfolgt.“ Da beide Sterne eine sehr starke gemeinschaftliche Bewegung besitzen, so ist die Annahme, daß wir es mit ein Paar nicht zu einander gehörigen Sternen, also mit einem optischen Doppelsterne zu thun haben, ausgeschlossen. Flammarion glaubt, daß diese geradlinige Bahn sich entweder durch die Kleinheit der Massen oder, was er für wahrscheinlicher hält, durch ihre große, in Richtung der Gesichtslinie gelegene Entfernung erklärt.

Ueber den dreifachen Stern ζ Cancri hat Otto Struve der pariser Akademie eine Reihe mikrometrischer Messungen mitgetheilt.***) Dieses System wurde als Doppelstern bereits

*) Comptes rendus, 1874 nov. 30, p. 1250.
**) Comptes rendus, 1875 janv. 18, p. 171.
***) Comptes rendus, 1874 déc 21, p. 1463.

1756 von Tobias Mayer beobachtet, welcher die relative Stellung der beiden Componenten aus den Differenzen in Rectascension und Declination am Mauerquadranten in Göttingen zu bestimmen suchte. Aehnliche Beobachtungen stellte 1778 Chr. Mayer in Mannheim an. William Herschel erkannte am 28. Dec. 1781 den Hauptstern selbst als Doppelstern. Aber nachher konnte 44 Jahre lang die Duplicität nicht wieder erkannt werden. John Herschel und South sahen den Stern „vollkommen rund" und erst 1825 gelang es South auf seinem zeitweiligen Observatorium in Passy bei Paris den Hauptstern wieder doppelt zu sehen. Nach Wilh. Struve ist der Hauptstern A von 5,0. Gr., der Stern B von 5,7. und der Stern C von 5,3. Gr. Alle drei haben nahezu dieselbe gelbliche Färbung und ihre Zusammengehörigkeit wird durch die gemeinsame Eigenbewegung constatirt, die allerdings nur 15″2 im Jahrhundert beträgt.

Otto Struve findet für die beiden nächststehenden Sterne A u. B eine nahe kreisförmige scheinbare Bahn und daraus ergiebt sich er für die wahre Bahn von B um A:

Periheldurchgang . . .	1869,3
Position des Perihels .	199°0
Excentricität	0,353
halbe große Achse . . .	0″908
Neigung der Bahn . .	20°7
Pos. d. aufsteig. Knotens	109°0
mittl. jährl. Bewegung .	5°77
Umlaufszeit	62,4 Jahre.

Spectroskopische Untersuchung der Fixsterne. Zur Untersuchung des Lichtes der Gestirne sind verschiedene Methoden angewandt worden. Nach dem ältesten Verfahren bringt man vor dem Objectiv des Fernrohres ein Prisma an und vergrößert und verbreitert dann mit Ocular und Cylinderlinse das schmale im Brennpunkte des Objectiv's entstehende Farbenbild. Diese schon von Fraunhofer angewande Methode ist neuerdings wieder von Secchi empfohlen worden; sie erfordert aber sehr ruhige Luft, auch kann man das Objectivprisma nur bei Fixsternen, nicht bei Objecten von größerer Ausdehnung anwenden.

Ein anderes Verfahren besteht darin, an Stelle des Oculars eines Fernrohres entweder einen vollständigen Spectral-

apparat anzubringen, dessen Spalt sich in einer zur optischen Achse des Fernrohres senkrechten Ebene im Brennpunkte des Objectives befindet, oder aber Prismen im Fernrohr anzubringen, da wo die vom Objectiv kommenden Lichtstrahlen sich noch nicht vereinigt haben und dann das im Brennpunkte entstehende Spectrum mit Ocular und Cylinderlinse zu betrachten. Die erstere Anordnung ist am verbreitetsten zur Untersuchung einzelner Theile der Sonnenoberfläche, sie giebt wegen des Spaltes auch bei größeren Objecten reine Spectra; die letztere ist ohne Spalt nur für Fixsterne brauchbar.

Endlich ist noch die Anwendung der Interferenzgitter als Ersatz für die Prismen sei es vor dem Objectiv, sei es im Spectralapparat am Ocularende, zu erwähnen.

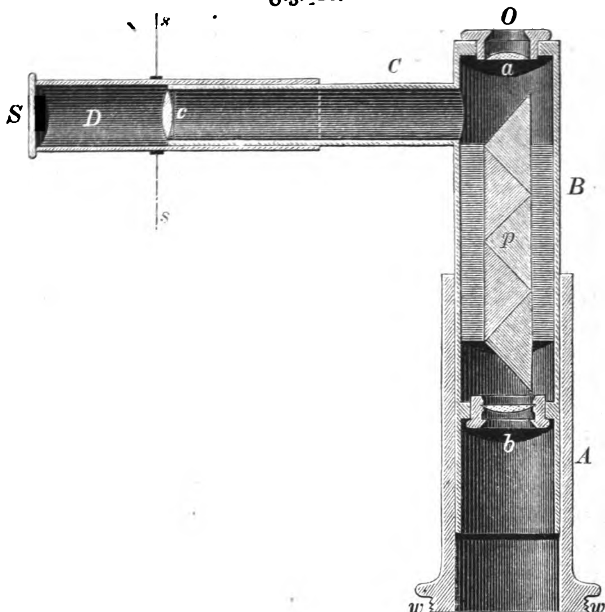
Bei diesen Methoden wird aber das Licht bedeutend abgeschwächt, so daß sie nur auf größere Fixsterne anwendbar sind, während doch gerade die lichtschwächeren Fixsterne die interessantesten Spectra zeigen. Ein Spectroskop zur Beobachtung lichtschwacher Sterne ist nun von Dr. H. C. Vogel in Bothkamp angegeben worden.*) Dasselbe läßt sich an jedem Fernrohre, auch ohne Beseitigung des Fadenmikrometers leicht anbringen und handhaben. In seiner einfachsten Form besteht es aus einem kleinen Prismensatz à vision directe von 5 Prismen p, einer sphärischen Linse b (25 Millim. Brennweite) und einer Cylinderlinse a (160 Mm. Brennweite), die sich dicht vor dem Auge des Beobachters befindet (Fig. 10). Alles befindet sich in einer Hülse B, die sich wieder in einer federnden Hülse A verschieben läßt, welche ein Gewinde w trägt, um sie an Stelle des Oculares am Fernrohre befestigen zu können. Am oberen Ende von B, der Endfläche m der Prismen gegenüber, mündet eine Hülse C ein, welche durch eine schwache sphärische Hülse c verschlossen ist. Ueber C schiebt sich eine Hülse D, welche an dem einem Ende entweder einen Spalt oder eine auf Glas photographirte Scala S trägt.

Entfernt man die Cylinderlinse a, so empfängt das bei O befindliche Auge ein deutliches Spectrum von dem im Brennpunkte des Fernrohres entstehenden Bilde, doch wird dasselbe

---

*) Berichte über die Verh. der sächs. Ges. der Wissensch. in Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 25, S. 538.

Fig. 10.



bei einem Sterne nur schmal sein. Dasselbe läßt sich nun mittels der Cylinderlinse a in ein Band verbreitern, einmal indem man die Cylinderachse senkrecht, dann aber auch indem man sie parallel zu den brechenden Kanten der Prismen stellt. Von der Einstellung ohne Cylinderlinse ausgehend muß man die Hülse B im ersten Falle etwas weiter ausziehen, im zweiten etwas einschieben, um ein Spectrum mit scharfen Linien zu erhalten. Für die Anwendung als bloßes Spectroskop ist es gleichgültig, welche Stellung der Cylinderlinse benutzt wird, wenn es sich aber um Messungen handelt, so ist nur die parallele Stellung der Cylinderachse brauchbar. Um der Linse diese Stellung zu geben, verschiebe man B ohne Cylinderlinse so lange bis ein scharfes Spectrum entsteht, setze dann die Linse vor und drehe sie so, daß sie das fadenförmige Spectrum in keiner Weise verbreitert; hat man diese Stellung erreicht, so

braucht man B nur einzuschieben, um das Spectrum allmälig zu verbreitern.

Zu Messungen an den Linien hat Vogel zwei Wege praktisch gefunden. Bei Fernröhren ohne Uhrwerk, bestimmt man die Entfernung der einzelnen Banden durch Rectascensions-Differenzen, wobei das Bild des durch eine Lampe erleuchteten Spaltes S als Marke dient. Damit das Licht dieser Lampe den Beobachter nicht stört, ist ein Schirm ss an der Hülse D angebracht. Das durch den Spalt gehende Licht wird von der Prismenfläche m reflectirt und wenn die Hülse D gehörig ausgezogen ist, so erblickt der Beobachter eine feine scharfe Lichtlinie, die festbleibt, während das Spectrum sich in Folge der Erdrotation verschiebt. Die brechenden Kanten der Prismen muß man bei dieser Beobachtungsweise senkrecht zur Richtung der täglichen Bewegung stellen.

Bei Fernröhren mit Uhrwerk wird statt des Spaltes eine Scala angebracht, die, durch eine Lampe erhellt, gleichzeitig mit dem Spectrum des Sterns sichbar wird. Dieselbe wird empirisch durch Messung an helleren Sternen graduirt, deren Spectrallinien mit Hilfe größerer Apparate bestimmt sind.

Vogel hat den Apparat auch so abgeändert, daß die Zerstreuung etwas größer wird und derselbe zur Beobachtung hellerer Sterne dienen kann. Er läßt nämlich die Cylinderlinse a vor dem Auge weg, wendet aber statt der sphärischen Linse b eine cylindrische an, deren Achse parallel zu den brechenden Kanten der Prismen ist. Auf diese Weise lassen sich hellere Fixsterne, Planeten oder Nebelflecke von geringem scheinbaren Durchmesser untersuchen.

Um das Instrument für Objecte von größeren Dimensionen brauchbar zu machen, wird vor der Linse b ein Spalt angebracht. Für diesen Fall hat man die sphärische Linse b einzusetzen, die Cylinderlinse a zu entfernen, D soweit auszuziehen, daß man ein scharfes Bild der Scala erhält und nun die Entfernung des Spaltes von der Linse b so zu reguliren, daß bei enger Spaltstellung die Natronlinien in einer mit Kochsalz bestreuten Weingeistflamme oder die hellen Linien einer leuchtenden Geißler'schen Röhre scharf erscheinen.

Die Brauchbarkeit des Instrumentes hat Vogel durch Untersuchung der Spectra einer großen Anzahl lichtschwacher

Sterne dargethan. Einige dieser Beobachtungen findet man in der citirten Abhandlung. Von besonderem Interesse sind die Beobachtungen der drei kleinen Sterne im Schwan, Nr. 4001, 4013 und 3956 der „Bonner Durchmusterung," in deren Spectren von Wolf und Rayet helle Linien entdeckt worden sind (vergl. Jahrg. VI dieses Jahrb., S. 47). Helle Linien in Sternspectren gehören im Ganzen zu den Seltenheiten; in β Lyrae und γ Cassiopeiae sind solche nur unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen erkennbar. Während aber in den Spectren von β Lyrae und γ Cassiopeiae eine Linie im Gelb, die nach Vogel wahrscheinlich mit D_3 zusammenfällt, ferner die Wasserstofflinie $H\beta$ und bei β Lyrae auch $H\gamma$ hell erscheint, zeigen die Spectra der drei kleinen Sterne im Schwan Linien, die weder mit den Wasserstofflinien noch mit D_3 übereinstimmen; die Spectra dieser Sterne sind bisher einzig in ihrer Art. Ueberdieß heben sich bei ihnen die hellen Linien selbst bei ungünstigem Luftzustande leicht erkennbar ab von dem schwachen continuirlichen Spectrum.

Folgendes sind die Resultate der Messungen Vogels.

Nr. 4001 B. D., 8,5ter Größe, Rectasc. 20 St. 05 M. 31 Sec., Decl, + 35° 49'5 (1875):

Wellenlänge	
570.5	sehr schwache Linie,
567.5	nur zeitweilig sichtbar,
536	sehr helle Linie,
468	Linie sehr hell und sehr breit, etwas verwaschen nach dem Violett.

Nach dem Violett hin läßt sich das Spectrum nur wenig über die helle breite Linie hinaus verfolgen, nach dem rothen Ende nur wenig über die schwache Linie an der Grenze des Orange und Gelb. Im Gelb (560 Wellenlänge) ist eine dunkle Bande gelegen, desgleichen eine ziemlich breite im Blau kurz vor der dort befindlichen hellen breiten Linie.

Nr. 4013, 8ter Gr., Rectasc. 20 St. 07 M. 12 Sec., Decl. + 35° 49'6:

580.5	sehr helle Linie, breiter als die folgende,
568	sehr helle Linie,
539	Mitte einer dunkeln Bande (565 bis 554),
536	sehr schwache Linie,
467	Mitte eines hellen Streifens (469 bis 466).

Noch wurde eine dunkle Bande vor dem hellen Streifen im

Blau beobachtet, auch scheinen in dem Spectrum noch einige helle Linien zu sein. Nach dem rothen Ende reicht dasselbe nicht weit über die brechbarste rothe Linie hinaus, nach dem Blau scheint es etwas weiter über die brechbarste helle Linie sich fortzusetzen, als das vorige Spectrum.

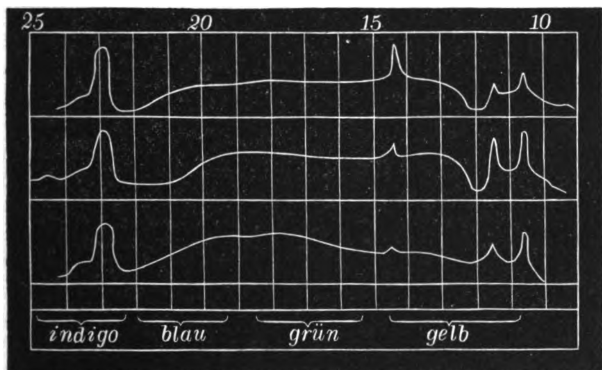
Nr. 3956 B. D., 8ter Gr., Rectasc. 20 St. 09 M. 51 Sec., Decl. + 36° 16'8.

580.5 recht gut sichtbare Linie,
567 schwach,
538 nur zeitweilig sichtbar,
467.5 hell und breit, verhältnißmäßig nicht so auffallend als in den andern Sternen.

Nach dem Roth scheint das Spectrum durch die erste Linie begrenzt, nach der andern Seite geht es nur wenig über die Linie im Blau hinaus. Die dunkle Bande im Gelb, die beim zweiten Sterne besonders auffallend ist, scheint hier nicht vorhanden zu sein.

Genauere Unterschiede in der Helligkeit lassen die beistehenden Intensitätscurven erkennen.

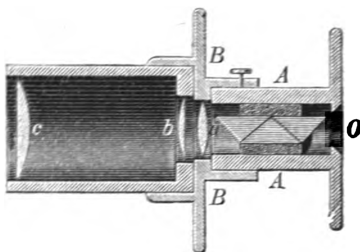
Fig. 11.



Im Bezug auf die Lage der hellen Linien zeigen hiernach die drei Sterne unzweifelhaft Uebereinstimmung.

Ein sehr compendiöses Sternspectroskop, dessen Durch-

Fig. 12.



schnitt die beistehende Figur 12 in natürlicher Größe zeigt, hat Prof. F. Zöllner*) auf der Versammlung der astronomischen Gesellschaft im September 1873 in Hamburg vorgezeigt. In der Hülse AA befindet sich ein kleines Prisma mit gerader Durchsicht, dessen Zerstreuung ungefähr aequivalent ist dem Prismensysteme eines Browning'schen Miniaturspectroskopes. Die Hülse A ist in einer zweiten Hülse B beweglich, welche auf den Ocularkopf eines beliebigen Fernrohrs geschraubt werden kann, dessen Ocularlinsen in b und c dargestellt sind. Die Hülse B enthält noch eine Cylinderlinse a von etwa 100 Millim. Brennweite. Da die Länge der durch diese Linse erzeugten Lichtlinien außer von ihrer Brennweite auch von den Dimensionen und Verhältnissen der optischen Theile des Fernrohres abhängt, so ist es zweckmäßig, mehrere Cylinderlinsen von ververschiedener Brennweite vorräthig zu haben, um sie je nach der gewünschten Länge der Lichtlinie und somit der Breite des Spectrums wählen zu können.

Um das Spectrum eines Sternes zu beobachten, wird zuerst die Hülse A mit dem Prisma entfernt und das Ocular so eingestellt, daß dem im O befindlichen Auge eine scharfe Lichtlinie erscheint. Dann wird die Hülse A so eingesetzt daß die brechende Kante des Prismas parallel der Lichtlinie liegt und also das Spectrum seine größte Breite erlangt. Für ein gegebenes Fernrohr braucht die erwähnte Einstellung nur einmal ermittelt zu werden, sodaß alsdann das Prisma durch eine kleine Schraube in unveränderlicher Lage zur Cylinderlinse befestigt werden kann. Das Prisma ist von Merz in München,

---

*) Berichte über die Verh. der sächs. Ges. der Wissensch. Math.-phys. Classe. 1874 — Poggend. Ann. Bd. 152, S. 503.

der es in dieser compendiösen Form vorzugsweise für Mikroskope benutzt.

Dieses Ocularspectroskop ist von so bedeutender Lichtstärke, daß es in Verbindung mit einem kleinen Reisefernrohr von 35 Millim. Objectivöffnung und etwa 400 Millim. Brennweite die Linien von Sternen erster Größe, wie Wega, Arctur, α Orionis und selbst α Herculis bei günstiger Luftbeschaffenheit deutlich zeigt. Besonders schön erscheint das Spectrum der Venus, wenn wir sie als schmale Sichel sehen.

Zwar läßt sich leicht eine Scala mit dem Instrumente verbinden; indessen dürfte sich dasselbe hauptsächlich ohne solche zu systematischen Massenbeobachtungen von Fixsternspectren eignen, bei denen es sich vorzugsweise um Ermittelung der typischen Beschaffenheit der Spectra handelt. Derartige Untersuchungen dürften aber für die Fortschritte der Astrophysik von hoher Bedeutung werden; denn die wesentlichen Unterschiede jener Typen hängen wahrscheinlich nur von der Temperatur und Masse der glühenden Himmelskörper ab, und nach den Untersuchungen Secchi's u. A. stehen jene Typen in einer gewissen Beziehung zur räumlichen Vertheilung der Sterne am Himmel.

D'Arrest in Kopenhagen hat im vergangenen Jahr eine große Anzahl Sternspectra des dritten und vierten Secchi'schen Typus verzeichnet, die vorher nicht bekannt waren.*) Es ist durch diese Publicationen die Gesammtzahl der bekannten Sterne mit merkwürdigen Spectren des dritten Typus nahezu verdreifacht worden, während nur wenige Beispiele für den vierten Typus hinzugekommen sind. „Es bestätigt sich also, daß Exemplare vom vierten Typus, außerhalb der Variabeln und der bestbekannten rothen Sterne, welche hier übergangen wurden, am Nordhimmel nur noch sehr spärlich zu finden sind.“ D'Arrest macht noch darauf aufmerksam, daß kein entschieden weißer oder bläulicher Stern mit scharf gezeichnetem Absorptionsspectrum aufgefunden worden ist, daß es dagegen viele auffällig gelbliche und gelbröthliche Sterne mit uniformen, gleichgültigen Spectren, wie bei den farblosen Sternen giebt, und als Beispiel erwähnt er 61 im Schwan, dessen stark gelbe oder orangefarbigen Componenten nur indifferente Spectren haben.

*) Astron. Nachr. Nr. 2009 und 2014.

„Der prismatische Hauptcharakter der Sterne vom dritten Typus ist allen bisherigen Erfahrungen zufolge fast überall constant. Zwar ist in der Regel gegen das rothe Ende des Spectrums die Sonderung der Säulen schärfer ausgebildet; doch sind auch die Fälle nicht ganz selten, wo im Gegentheil das stärker brechbare Ende des Spectrums durch die Prägung der dunkeln Absorptionsbanden säulenartig ausgezeichnet ist. Es hat fernet keine Schwierigkeit, von bloß fein angedeuteter Streifung an bis zu ganz discontinuirlichen Spectren (wie etwa von α Herculis) alle Zwischenstufen von Absorptionsspectren am Himmel nachzuweisen. Bei dieser Stufenleiter ist aber die Färbung durchaus nicht immer entscheidend."

Mehrfach hat man auf Grund der Ergebnisse der Spectraluntersuchungen eine Altersfolge unter den Fixsternen festzustellen versucht. Besonders bestimmt hat dies der französische Chemiker Wurtz in seiner Rede zur Eröffnung der Versammlung der Association Française pour l'Avancement des Sciences in Lille am 20. Aug vor J. ausgesprochen.*) „Die weißen Sterne," sagt er, „sind die heißesten und jüngsten, ihr Spectrum ist nur aus wenigen Linien zusammengesetzt und diese Linien sind dunkel. Wasserstoff herrscht vor, auch trifft man Spuren von Magnesium, Eisen und vielleicht Natrium, und wenn Sirius wirklich im Alterthum ein rother Stern war, so verdankte er seine Färbung vielleicht der größeren Menge von Wasserstoff zu jener Zeit. Unsere Sonne, Aldebaran, Arcturus gehören zu den gelben Sternen; in ihren Spectren ist der Wasserstoff weniger entwickelt, aber die metallischen Linien sind zart und zahlreich. Die farbigen Sterne sind nicht so heiß und älter. In Folge ihres Alters strahlen sie ein weniger helles Licht aus. In ihnen findet sich wenig oder kein Wasserstoff; metallische Linien sind häufig, aber man findet auch cannelirte Räume, gleich den Linien der Verbindungen. Bei der niedrigen Temperatur können die letzteren bestehen, mögen es nun Atome sein, die mit anderen gleicher Art verbunden sind oder mögen sie Gruppen aus heterogenen Atomen enthalten."**)

---

*) Nature, Aug. 27, 1874, p. 345—350.
**) A. a. O. S. 350.

D'Arrest ist mit dieser Ansicht nicht ganz einverstanden. Seiner Erfahrung nach scheint „der Schluß auf die gegenwärtig beliebten Sätze über relatives Alter der farbigen Sterne, sowie über den relativ niedrigen Temperaturzustand derselben doch nicht mit Zuverlässigkeit und nicht ohne zahlreiche Ausnahmen aus der detaillirten Beobachtung zu folgen." Er glaubt, daß schon der bloße Versuch einer solchen Classification ganz anderes, reicheres und zuverlässigeres Material erfordern würde, als das gegenwärtig vorhandene. „Ist dieser Schluß auch," so schließt er, „was den Temperaturzustand angeht, im Allgemeinen eben nicht unwahrscheinlich, so ist er doch gewagt und spectroskopisch unerwiesen; aber rücksichtlich des Alters der Sterne selbst folglich mehr als gewagt, durchaus unbeweisbar und, wie mir scheint, gänzlich ohne Fundament."

In einer späteren Mittheilung*) hat D'Arrest noch eine weitere Reihe von Sternen aufgezählt, deren Spectra dem dritten und vierten Typus angehören, doch vorwiegend dem ersteren. „Ausgezeichnete und hervorragende Gegenstände dieser Gattung sind also, wie sich nun ergiebt, ziemlich zahlreich und in allen Richtungen über den Himmel zerstreut; überall sind sie von frappanter Aehnlichkeit unter einander. Lage und Gruppirung der trennenden dunkeln Absorptionsbanden sind, wie Secchi ganz richtig aus dem einförmigen Anblicke vermuthete und Dr. Vogel 1872 an vier hellen Sternen zuerst scharf nachwies, durchweg in Uebereinstimmung. Selbst die verschiedene Intensität der Streifen, — am stärksten in der Regel gegen das rothe Ende hin, häufig auch gleich ausgebildet überall — vermag das höchst charakteristische Aussehn nur wenig zu modificiren. Es geht so in der That eine merkwürdige Einförmigkeit durch alle diese prachtvollen Spectren."

Im Ganzen hat D'Arrest gegen 11000 Sterne untersucht und dabei 80 neue Spectren des dritten, aber nur fünf vom vierten Typus gefunden. Nach unseren jetzigen Kenntnissen kommt daher kaum ein Stern des vierten Typus auf 1000 Sterne bis herab zu 7. 8. Größe einschließlich, dagegen schon auf 140 Sterne einer vom dritten Typus.

Das Spectrum des durch seinen unperiodischen Licht-

---

*) Astron. Nachr. Nr. 2032.

wechsel bekannten Sternes η im Schiff Argo*) mit den ihn umgebenden Nebeln ist auf der Sternwarte in Melbourne beobachtet worden.**) Le Sueur theilte im Februar 1870 der Royal Society of Victoria mit, daß das Spectrum dieses Sternes von hellen Linien durchsetzt sei, welche C, D, E, F entsprechen, und daß außerdem noch jenseits F eine solche Linie, wahrscheinlich $H\gamma$, beobachtet worden sei; auch die Hauptlinie des Stickstoffs wurde wahrgenommen. Le Sueur schließt deshalb auf die Anwesenheit von Wasserstoff, Stickstoff, Natrium und Magnesium. Dunkle Linien wurden zwar vermuthet, aber, wie es scheint, nicht beobachtet. Ganz anders zeigte sich das Spectrum im Jan. 1874, wo Macgeorge dasselbe beobachtete. Es traten diesmal keine hellen Linien darin auf. Auch erschien jetzt der Stern von einem Nebel umgeben, während ihn Le Sueur im December 1869 auf einem dunkeln Grunde beobachtet hatte. Es sind in Melbourne auch eine Anzahl Zeichnungen der Nebel, die η Argûs umgeben, angefertigt worden, welche einen ungeheuern Wechsel in der Gestalt dieser Massen zeigen. Im Jahre 1838 war der Stern in dichten Nebel gehüllt, 1869 erschien er auf freiem Himmelsgrunde. Bei einzelnen Zeichnungen von Ellery nnd Le Sueur sollte man kaum glauben, daß sie sich auf dasselbe Object bezögen. In einem Falle weisen zwei solche Zeichnungen, wenn man ihre Unterschiede durch Bewegungen der Nebelmassen erklären will, eine Fortbewegung von 1500 Millionen geogr. Meilen in einem Monate nach. Derartige ungeheure Veränderungen sind uns nur noch bei einigen Kometen bekannt.

Das Funkeln der Fixsterne. — Ch. Montigny, Prof. am Athenäum in Brüssel, hat aus seinen Beobachtungen den Schluß gezogen, daß die Häufigkeit der Farbenveränderungen beim Funkeln der Sterne gewöhnlich in Beziehung steht zur spectralanalytischen Beschaffenheit ihres Lichtes.***) Die Beobachtungen um-

*) Humboldt's Kosmos, Bd. III (1850), S. 251 u. 338.

**) S. den Bericht nach den Proceedings of the Royal Society of Victoria in Nature, 1874 Dec. 3, p. 91.

***) Bulletin de l'Acad. de Belgique. Sér. II, Tome XXXVII. Poggend. Ann. Bd. 153, S. 277.

fassen 47 Abende vom October 1870 bis Ende März 1871 und 19 Abende vom Ende Juni bis Anfang December 1873; sie begannen in den Abendstunden und dauerten bis 11 Uhr Nachts. Das Scintillometer, dessen sich Montigny bediente, besteht im Wesentlichen aus einer dicken kreisrunden Glasplatte, die schief vor den Linsen des Oculares des Beobachtungsfernrohres an einer Rotationsachse befestigt ist, die der Fernrohrachse parallel geht. Dieselbe wird durch einen Mechanismus in Rotation gesetzt, während ein Zeiger die Anzahl der Umdrehungen angiebt. In Folge des Dazwischentretens dieser rotirenden Glasplatte beschreibt nun das Bild des Sternes einen vollen Kreis; funkelt der Stern nicht, so ist dieser Kreis einfach in der Farbe des Sternes gefärbt, beim Funkeln aber zerfällt der Kreis in lebhaft gefärbte Bögen, die sich rasch verändern, und in welchen gewöhnlich Roth, Gelb, Grün und Blau, zuweilen auch Violett erglänzen, je nach dem Charakter des Funkelns.

Um diese Farbenänderungen zu zählen, wurde ein Mikrometer angewandt, bestehend aus drei unter gleichen Winkeln sich im Brennpunkte des Oculars schneidenden Fäden. Nachdem dieses Mikrometer zweckmäßig beleuchtet worden, führte der Beobachter dessen Centrum auf einen Punkt des leuchtenden Kreises und zählte die Anzahl der Färbungen zwischen den Schenkeln eines der sechs Winkel, welche die Fäden bilden. Daraus und aus der Rotationsgeschwindigkeit des Scintillometers ließ sich die Anzahl der Farbenänderungen in der Secunde berechnen.

Bekanntlich ist das Funkeln eines Sternes um so lebhafter, je größer seine Zenithdistanz ist. Dieser Einfluß der Zenithdistanz läßt sich aber in Rechnung ziehen und es lassen sich alle Sterne auf eine gemeinsame Zenithdistanz (von 60°) reduciren mittels des zweiten der drei Gesetze, welche Dufour in Morges aus seinen vielen Untersuchungen über das mit bloßem Auge beobachtete Funkeln abgeleitet hat. Diese drei Gesetze sind die folgenden:

1. Unter sonst gleichen Umständen funkeln die rothen Sterne weniger als die weißen.
2. Außer dicht am Horizont, ist das Funkeln proportional dem Product aus der Dicke der Luftschicht, welche der

Lichtstrahl des Sternes durchwandert hat, in die zugehörige astronomische Refraction der betrachteten Höhe.

3. Außer dem Einflusse der Farben giebt es bei dem Funkeln der Sterne noch andere wesentliche Unterschiede, die von den Sternen selbst herzurühren scheinen.

Secchi hat wie in früheren Jahrgängen dieses Jahrb. (IV, S. 24. u. ff.) erwähnt worden, vier verschiedene Typen der Fixsterne nach der Beschaffenheit ihres Spectrums unterschieden.

Das Spectrum des ersten Typus, der „weißen Sterne," wie Sirius, Wega, Atair, Regulus, Riegel, die Sterne des großen Bären (außer α), des Schlangenträgers ꝛc., ist charakterisirt durch vier starke schwarze Linien, je eine im Roth und Grünblau und zwei im Violett, alle vier dem Wasserstoff entsprechend. Die Breite dieser Linien ist die auffallendste Eigenthümlichkeit, außer ihnen treten bei den hellsten Sternen noch feine Linien auf. Fast die Hälfte aller Sterne gehört diesem Typus an. Von den Sternen dieses Typus untersuchte Montigny β, γ, ε, ζ und η des großen Bären, Prokyon, Wega, α Andromeda, Regulus, Atair, α Schlangenträger, Algol, α und γ Pegasus, Castor, α Krone und fand durchschnittlich 86 Farbenveränderungen in einer Secunde (Maximum bei ε gr. Bären 111, Minimum bei α Krone und η gr. Bär 61).

Der zweite Typus (in der ursprünglichen Classification Secchi's der Dritte), derjenige der „gelben Sterne", wie Capella, Pollux, Arcturus, Aldebaran, α gr. Bär, Prokyon u. a., hat ein Spectrum wie die Sonne, welches durch sehr viele feine Linien, von gleicher Lage wie im Sonnenspectrum charakterisirt ist. Etwa ein Drittel aller Sterne gehören hierher. Montigny beobachtete α Perseus, Pollux, γ Andromeda, Deneb, Capella, α Widder, β Stier, β Herkules, β Löwe, β Schlangenträger, α Wassermann, β, γ und ψ Orion und fand im Mittel 69 Farbenveränderungen in der Secunde (Maximum bei α Perseus 98, Minimum bei α Wassermann 40).

Der dritte Typus (früher der zweite), von welchem α Herkules als Normalstern dienen kann, hat ein Spectrum mit einem doppelten Systeme von nebeligen Streifen und schwarzen Linien. Die schwarzen fundamentalen Linien sind, wie man

besonders bei Arctur und Aldebaran erkennt, dieselben wie beim zweiten Typus; charakteristisch sind aber eine große Anzahl nebeliger Streifen, welche das Spectrum zerschneiden und eine Art Colonnade bilden. Diese Streifen sind in Breite und Intensität sehr verschieden, so daß sich bedeutende Unterschiede zwischen den Sternen dieses Typus ergeben. Montigny beobachtete aus diesem Typus, der nicht sehr zahlreich vertreten ist, ϱ und β Pegasus, Beteigeuze, α Walfisch, α Herkules, α Hydra, die sämmtlich veränderlich sind, ferner Aldebaran, Arcturus, β Andromeda, Antares und ε Pegasus. Es ergaben sich im Mittel 56 Farbenänderungen in der Secunde (Maximum 70 bei ϱ Pegasus, Minimum 40 bei α Hydra).

Aus diesen Zahlen ergiebt sich ein Bestätigung des Dufour'schen ersten Gesetzes, denn die Sterne des dritten Typus, die am wenigsten funkeln, sind nach P. Secchi roth oder orange. Dufour, welcher mit Arago das Funkeln für ein Interferenzphänomen hält, erklärt sein erstes Gesetz durch die Bemerkung, daß zur Interferenz der rothen Strahlen beträchtlichere Ablenkungen und größere Störungen nöthig seien, da die rothe Welle die größte sei. Montigny, der der Arago'schen Erklärung des Funkelns nicht beipflichtet, glaubt, daß die Sternstrahlen an der Oberfläche der Luftwellen totale Reflexionen erleiden und so aufgefangen werden. Er denkt sich nun, daß „die totale Divergenz der von einem weißen Stern ausgehenden und von der Atmosphäre zerstreuten Farbenbündel viel größer ist, als wenn der Stern roth ist oder seine Bündel, unter sonst gleichen Umständen, aus einer größeren Menge von rothen Strahlen bestehen. In Folge dieses Unterschiedes sind die von einem weißen Sterne ausgehenden Strahlen, da sie die zahlreichsten und folglich am meisten durch Dispersion ausgebreiteten sind, auch häufig der Auffangung durch den Durchgang von Luftwellen ausgesetzt." Dazu kommt dann noch der Einfluß „der in den Sternstrahlen vorhandenen Lücken, welche mehr oder weniger breit und zahlreich sind, je nach der Dicke und Menge der Spectrallinien des Sternes." Damit ist zugleich das dritte Dufour'sche Gesetz näher bestimmt.

Schließlich erwähnen wir noch ein Paar Arbeiten über Nebelflecke.

Bewegung der Gasnebel. Bei seinen Untersuchungen

über die Spectra derjenigen Nebel, welche bloß eine Anzahl heller Linien zeigen und die wir uns daher durch glühende Gasmassen gebildet denken müssen (s. dieses Jahrb. VIII, S. 66), gelang es Huggins*) bei keinem eine Verschiebung dieser Linien zu beobachten und er kommt daher zu dem Schlusse, daß unter den von ihm untersuchten Gasnebeln sich keiner befindet, dessen relative Annäherung oder Entfernung von der Erde 25 engl. Meilen oder mehr beträgt. Es zeigen demnach diese Körper keine so starke Eigenbewegung wie manche der helleren Fixsterne. Huggins macht darauf aufmerksam, daß außer der fortschreitenden Bewegung auch noch andere Bewegungen in den Nebeln existiren können, nämlich

eine Rotationsbewegung in den planetarischen Nebeln, erkennbar, indem man den Spalt des Spectroskopes auf entgegengesetzte Ränder des Nebels einstellt,

und eine translatorische Bewegung von Massentheilchen des Nebels in Richtung der Gesichtslinie, die man bei ausgebreiteten Nebeln durch Vergleichung verschiedener Theile erkennen kann.

Ueber die Vertheilung der Pole der Nebel hat Prof. Cleveland Abbe am Naval Obs. in Washington auf der Hartforder Versammlung der American Association for the Advancement of Science einige Mittheilungen gemacht.**) Die Rotationsebenen der Nebel zeigen keine so übereinstimmende Lage, wie wir sie bei den Körpern des Sonnensystemes beobachten, sie bilden vielmehr alle nur möglichen Winkel mit einander. Abbe macht aber auf den bemerkenswerthen Umstand aufmerksam, daß die Knoten dieser Ebenen sehr dicht liegen in der Nähe des Punktes

Rectasc. 12 St. 45 Min., Decl. 60° nördl.

Es ist dieser Punkt der Nordpol derjenigen Ebene, in deren Nähe die meisten Rotationsachsen liegen.

---

*) Mittheil. an die Royal Society, März 26 1874. Nature, 1874 April 9, p. 454.

**) Nature, 1874 Oct. 1, p. 441.

II.

Physik und Meteorologie.

Statik und Dynamik fester Körper.

Maß- und Gewichtswesen.

Neuere Arbeiten der internationalen Meter-Commission (vergl. Jahrg. IX. dieses Jahrb., S. 189 u. f.). Die französische Section dieser internationalen Commission hat sich im Laufe des Jahres 1873 damit beschäftigt, ein Verfahren ausfindig zu machen, um eine so große Masse einer gleichmäßigen Legirung von 9 Theilen Platin und einem Theil Iridium zu schmelzen, als zur Herstellung der neuen Normalmaßstäbe nöthig ist. Im Frühjahr 1874 wurde hierauf der Guß selbst vorgenommen.

Zunächst kam es darauf an, Platin und Iridium chemisch rein, namentlich frei von Osmium herzustellen. Diese Aufgabe war Henri Sainte-Claire Deville anvertraut.

Die Schmelzung selbst wurde im Pariser Conservatoire des Arts et Métiers von H. E. Tresca vorgenommen. Zunächst wurden Partien von Platin allein geschmolzen, dessen Schmelzpunkt bei 1900° C. liegt, während der des Iridiums bedeutend höher, 2400°, ist. Dann wurden Platin und Iridium zusammengeschmolzen, anfangs in Quantitäten von 10 bis 15 Kilogr.; hierauf wurde eine Anzahl solcher Gußstücke zusammengeschmolzen, sodaß man Massen von mehr als 80 Kilogr. erhielt, und

endlich wurden drei solche Massen von über 80 Kilogr. zu einer einzigen von 250 Kilogr. zusammengeschmolzen.

Die Schmelzungen wurden in Hohlräumen vorgenommen, die man in sandigen Kalkstein von der Art der Pariser Bausteine (Grobkalk) eingearbeitet hatte. Für die kleineren Massen wendete man quadratische Steine mit einer halbkugelförmigen Aushöhlung von 15 Centim. Durchmesser an. Ein ähnlicher Stein diente als Deckel. In die Höhlung ging eine Düse, durch welche Leuchtgas und Sauerstoff einströmte, deren Verbrennung die zur Schmelzung nöthige Wärme gab. Zu den größeren Gußstücken von 80 Kilogr. war der Hohlraum eben so breit, aber etwas tiefer und viel länger; durch den oberen Block gingen drei Gasröhren. Für das Gußstück von 250 Kilogr. endlich hatte der Schmelzraum 1,24 Meter Länge, 0,15 Meter Breite, 0,07 Meter Tiefe, die Steindicke über der Höhlung betrug 0,15 Meter; zur Einführung des Gases dienten 6 Rohre von etwa 2,5 Centim. Durchmesser, das Einpressen der Gase besorgte eine 15pferdige Dampfmaschine. Die geschmolzene Masse wurde nicht in eine Form gegossen, sondern man ließ sie in dem Schmelztiegel erstarren. Ziemliche Mühe machte es, die bei früheren Schmelzungen erhaltenen Massen wieder in kleine Stücke zu zerbrechen, um sie bequemer wieder schmelzen zu können. Zu dem Zwecke wurde rund um das Gußstück mit einem kalten Meisel ein V-förmiger Einschnitt gemacht, wobei freilich die Schneiden von sehr vielen gut getemperten Meiseln zersprangen, da die Platin-Iridium-Legirung härter als gewöhnlicher Stahl ist. Die Enden des Gußstücks wurden dann auf ein Paar starke Eisenbarren gelegt, ein dritter Eisenstab kam auf den Einschnitt zu liegen und auf diesen ließ man nun eine hydraulische Presse wirken. Beim Zerbrechen zeigten beide Hälften ein regelmäßiges krystallinisches Korn.

Das erste Stück von 80 Kilogr. wurde am 25. April, das zweite am 1. Mai in Gegenwart des Präsidenten der Republik, Marschall Mac Mahon, und des Handelsministers Deseilligny, das dritte am 7. Mai geschmolzen. Die Schmelzung der ganzen Masse von 250 Kilogr. endlich wurde am 13. Mai 1874 vorgenommen in Gegenwart der französischen Section und verschiedener auswärtiger Commissionsmitglieder,

wie Struve von Petersburg, Stas und Heusschen von Brüssel, Bosscha aus Holland, Miller und Chisholm aus England. Um 2 Uhr 10 Min. Nachm. fing man an zu heizen, 2 Uhr 24 Min. war der ganze Schmelzraum erhitzt, um 3 Uhr 4 Min. waren die zuerst eingebrachten 130 Kilogr. Metall geschmolzen und man brachte nun das übrige allmälig ein; 3 Uhr 27 Min. war die Schmelzung vollendet, 4 Uhr 15, Min. war die Masse fest, aber noch weißglühend, der Deckel ward abgenommen. Nach etwa einer halben Stunde ward die steinerne Form zerbrochen und die Metallmasse von dem anhaftenden Kalk in einem Bade von verdünnter Salzsäure befreit. Das ganze Stück wog jetzt 236,330 Kilogr., eine Analyse von Deville ergab 10,29 Proc. Iridium.

Das Gußstück kam nun unter den 5000 Kilogr. schweren Hammer von M. Farcot, wo es zu einer Stange von 5 Centim. Querschnitt im Quadrat ausgeschmiedet wurde. Dann wurde dieselbe in 8 kürzere Abschnitte getheilt, die man durch weiteres Hämmern bis auf den Querschnitt von 2,5 Centim. im Quadrat brachte; die Gesammtlänge betrug nun 16,405 Meter.

Beim Ausschmieden wurde eine eigenthümliche Lichterscheinung bemerkt. Nach dem Bericht von Tresca*) sah man nämlich in dem Augenblicke, wenn der Hammer aufschlug, Lichtlinien vom Rande des letzteren aus in Gestalt eines X auf den Seitenflächen der Metallmasse abwärts gehen, die eine Zeitlang sichtbar blieben.

Um den Barren die vorgeschriebene Form eines X zu geben (s. die Abbildung auf S. 195 des IX. Jahrg.), wurde mit einer Hobelmaschine in jede der vier Längsseiten eine Vertiefung eingeschnitten. Auf diese Weise versicherte man sich zugleich der gleichmäßigen, von Sprüngen freien Structur im Innern der Masse.

Die 8 Barren wurden sodann auf dem Walzwerk von Audincourt von Gueldry durch abwechselndes Walzen und Glühen in die richtige Form gebracht, wobei jede soweit verlängert wurde, daß sie für 3 bis 4 Metermaßstäbe ausreichte. Der erste Stab passirte die Walzen 220mal und ward ebenso oft geglüht. Es ergab sich dabei, das seine Elasticität sich

*) Comptes rendus, 1874 juin 9, p. 1607.

nur wenig durch diese Bearbeitung änderte. Denn der Elasticitätscoëfficient betrug vor dem Glühen 21,2085, nachher 21,0073. Auch der Ausdehnungscoëfficient für 1° C. wurde nur wenig geändert, denn es betrug derselbe bei einer mittleren Temperatur von 40° C. vor dem Glühen 0,000008802, nachher 0,000008819.

Hierauf wurden die Stäbe von X-förmigem Querschnitt in Stücke von 1,02 Meter Länge getheilt, wie für die Metermaßstäbe festgestellt ist, und diese wurden dann genau geradlinig gemacht. Zu dem Zwecke wurden Stahlschneiden in die Einschnitte auf den vier Seiten gelegt, so daß jeder Stab nunmehr einen rechtwinkligen Querschnitt von 2 Centimeter Seite erhielt. So wurde er zwischen die ebenen Flächen von vier eisernen Stäben gelegt, die durch Klammern zusammen gehalten wurden, und nun bis zur Rothgluth erhitzt, worauf die Klammern noch mehr zusammengezogen wurden. Nachher ließ man erkalten.

Alsdann wurden die Flächen polirt, wobei namentlich die Fläche, auf welcher die Linien einzuschneiden sind, mit besonderer Sorgfalt behandelt wurde.

Der Apparat, welcher die Linien auf den Normalmaßstäben, welche bekanntlich Strichmaße werden, einschneidet, ist mit einem neu construirten Comparator verbunden, welcher ein mehr als 200 mal vergrößerndes Mikroskop trägt. Er ist in einem eigens hergestellten Raume des Conservatoire des Arts et Métiers aufgestellt, dessen Temperatur auf 0° C. gehalten wird. Das Poliren sowie das Einschneiden der Linien ist dem Subdirector des Conservatoire, Henry Ed. Tresca, und seinem Sohne Gustave T. anvertraut. Das Einschneiden erfolgt mit einer Diamantspitze, welche Linien von 0,002 bis höchstens 0,003 Millim. (2–3 Mikron) Breite giebt, d. i. ungefähr $^1/_4$ der Breite der Endlinien des englischen Normalyard.

Jeder der internationalen Normal-Meter erhält zwei in den Einschnitt einzulegende Thermometer, die mit besonderer Sorgfalt von Baudin gefertigt sind. Sie sind 0,45 Meter lang, haben einen äußern Durchmesser von 5 Millim., auch die Quecksilberbehälter sind auswendig nicht weiter; die Scala reicht von — 5° bis + 50° C., jeder Grad hat etwa 7 Millim. Länge und ist in Zehntel getheilt.

Die internationalen Strichmaße hofft die französische Section bis October 1875 zu vollenden und dann würden die von mehreren Seiten gewünschten Endmaße, sowie die Normal-Kilogramme angefertigt werden. Inzwischen sind bereits Wagen von großer Präcision hergestellt worden; einige derselben sind mit Spiegel und Fernrohr versehen, um die Oscillationen an einer verticalen Scala nach dem Gauß-Weber'schen Verfahren ablesen zu können. Zur Messung des Luftdruckes während der Wägungen soll das von Fastre construirte Normal-Barometer des Conservatoire benutzt werden, welches noch 0,01 Millim. Quecksilberhöhe abzulesen gestattet. Einen einfachen Apparat, der die geringsten Druckveränderungen angiebt, hat Mendelejef construirt. Derselbe besteht aus einer U-förmigen Röhre, von welcher der eine Schenkel geschlossen ist und ein bestimmtes Quantum trockner Luft enthält, das auf constanter Temperatur erhalten wird, während der andere Schenkel oben offen ist und mit der Luft communicirt. Der untere Theil ist mit Petroleum gefüllt, das mittels eines mit dem Boden verbundenen Quecksilberplungers auf beiden Seiten auf gleicher Höhe erhalten wird. Schon ganz geringe Aenderungen im Drucke der Luft ändern das Niveau des Petroleums merklich.

Das internationale Maß- und Gewichtsbureau in Paris. — Auf Anregung des permanenten Comités der internationalen Meter-Commission traten im Frühjahre 1875 die Vertreter von Deutschland, Oesterreich, Ungarn, der Schweiz, Belgien, Dänemark, Frankreich, Italien, Rußland, Schweden und Norwegen, Spanien, Portugal, der Türkei, den Vereinigten Staaten, Argentinien, Peru, Venezuela in Paris zusammen und schlossen am 20. Mai einen Vertrag über ein daselbst auf gemeinsame Kosten zu gründendes wissenschaftliches Institut unter obigem Namen, das in einem besonderen Gebäude unterzubringen ist und unter der Leitung eines „internationalen Maß- und Gewichts-Comité's" steht, welches seinerseits unter die Autorität einer aus den Abgeordneten der Vertrag schließenden Regierungen gebildeten „Generalconferenz für Maße und Gewichte" gestellt ist. Den Vorsitz in dieser Generalconferenz führt der jeweilige Präsident der Pariser Akademie. Das internationale Maß- und Gewichtsbureau ist mit folgenden Aufgaben betraut:

1) sämmtliche Vergleichungen und Verificationen der neuen Prototypen des Meters und Kilogrammes vorzunehmen,

2) die internationalen Prototypen aufzubewahren;

3) periodische Vergleichungen zwischen den den einzelnen Staaten ausgelieferten Urmetern und Kilogrammen und den internationalen Prototypen und ihren Controlmaßstäben und Gewichten, sowie auch periodische Vergleichungen der denselben beigegebenen Musterthermometer anzustellen;

4) die neuen Prototype mit den nicht metrischen, in den verschiedenen Ländern und in den Wissenschaften gebräuchlichen Maß- und Gewichtseinheiten zu vergleichen;

5) die geodätischen Maßstäbe und Meßstangen zu bestimmen und zu vergleichen;

6) alle Präcisionsmaße und Gewichte zu vergleichen, welche, sei es von Regierungen, sei es von wissenschaftlichen Gesellschaften oder auch von Gelehrten und Mechanikern, dem internationalen Bureau zur Bestimmung eingesandt werden.

Der Vertrag ist zunächst auf zwölf Jahre abgeschlossen und tritt mit dem 1. Januar 1876 in Kraft. Allen Staaten steht der Beitritt zu dem Vertrag offen.

Mendelejef's Wage. — Die Empfindlichkeit einer Wage hat man gewöhnlich durch Verlängerung des Wagebalkens zu erhöhen versucht. Es ist aber damit der Uebelstand verbunden, daß die Schwingungen sehr verlangsamt werden, die Wägung also nur langsam von statten gehen kann. Prof. Mendelejef in Petersburg hat deshalb dasselbe Ziel zu erreichen gesucht, indem er den Wagebalken nur 12 Centimeter lang, aber sehr leicht macht. Es sind nämlich alle Theile aus Aluminium oder Aluminiumbronce gefertigt. Uebrigens ist die Aufhängung der Schalen, die an Bergkrystallplatten angebracht sind, welche auf Stahlschneiden ruhen, die gewöhnliche; auch die Regulirung des Schwerpunktes mittels einer Schraube erfolgt auf die übliche Art. Die Oscillationen des Balkens werden aber nicht an einer Zunge beobachtet, die sich vor einer Kreistheilung bewegt, sondern es trägt jedes Ende des Wagebalkens einen Ring mit Fadenkreuz. Bei den Oscillationen bewegt sich nun jeder dieser Ringe über eine Scala, welche in Zehntelmillimeter getheilt ist, und mittels eines Fernrohres kann man die Bewegung des Kreuzungspunktes

leicht verfolgen. Bei der Belastung jeder Schale mit 1 Kilogr. gab ein Uebergewicht von 1 Milligr. einen Ausschlag von 15 Theilstrichen, sodaß also bei dieser Belastung ein Uebergewicht von 1/15 Milligr. noch wahrnehmbar war.

Auch die Arretirung des Balkens, die gewöhnlich durch einen horizontalen Balken bewirkt wird, ist in anderer Weise angeordnet. Sie wird nämlich durch zwei Hebel bewirkt, die sich um eine mit der Drehungsachse des Wagebalkens zusammenfallende (an dessen Schneide angebrachte) Achse drehen. Am Ende jedes dieser Hebel ist eine conische Schraube angebracht, die in eine entsprechende Vertiefung des Wagebalkens paßt. Auf diese Weise werden beide Hebelarme der Wage zu gleicher Zeit von der Arretirung erreicht.

Die ganze Wage ist so klein, daß sie unter eine Glasglocke gestellt werden kann, aus welcher man die Luft auspumpt. Auf diese Art läßt sich die Wägung im Vacuum vornehmen.

Um voluminöse Körper wägen zu können, ist an der einen Seite des Wagebalkens ein großer Bügel aufgehängt, der sich unterhalb der Glasglocke in einem Kasten mit Glaswänden befindet. Dieser Bügel trägt zwei Schalen übereinander. Auf der einen liegt eine Reihe von Gewichten, zusammen ein Kilogr., welche durch ein einziges Gewicht auf der gegenüberliegenden Schale tarirt sind. Legt man nun auf die freie Schale einen Körper, so muß man von der andern das gleiche Gewicht wegnehmen.*)

Präcisionswagen mit kurzem Wagebalken hat übrigens auch der Mechaniker P. Bunge in Hamburg schon seit einigen Jahren gebaut.**)

Gewichte aus Bergkrystall werden von H. Stern in Oberstein von 1 Gr. an bis zu 50 Gr. von derselben Form wie die vergoldeten Messinggewichte angefertigt, die kleinern Gewichte sind aus Platin. Fresenius rühmt die vorzügliche Arbeit und den billigen Preis dieser Stern'schen Gewichtssätze.***)

---

*) Comptes rendus, 1875 févr. 8, p. 378.
**) Deutsche Industriezeitung 1874, S. 155.
***) Zeitschr. f. analyt. Chemie 1874, S. 444; Dingler's Journal, Bd. 215, S. 381.

Festigkeit und Elasticität.

Widerstand von Glasröhren gegen das Zerbrechen. Bei einer Untersuchung über die Zusammendrückbarkeit der Gase, suchte L. Cailletet zu ermitteln, wie weit hohle Glascylinder bei einem starken äußeren oder inneren Drucke ihre Form ändern. Im ersten Falle wandte er eine Glasröhre an, welche an einem Ende geschlossen, am andern mit einer Capillarröhre versehen und mit Quecksilber oder einer farbigen Flüssigkeit gefüllt war. Wenn sich in Folge äußeren Druckes das Volumen der Röhre verminderte, so stieg das Quecksilber in der Capillarröhre empor. Sollte aber ein innerer Druck auf den Glascylinder wirken, so wurde derselbe in einen weiteren, mit Flüssigkeit gefüllten und mit einer Capillarröhre versehenen Cylinder gebracht; die Vermehrung des Volumens der innern Röhre gab sich dann durch Aufsteigen der Flüssigkeit im Capillarrohre kund.

Ein Reservoir von 0,55 Millim. dickem Glase uud 17 Millim. Durchmesser zerbrach erst bei einem äußeren Drucke von 77 Atmosphären; von innen genügte dazu schon ein Druck von 38 Atm.

Ein Reservoir von gewöhnlichem weißen Glase mit 9,05 Millim. innerem Durchmesser, 1,05 Millim. Glasdicke und 6,996 Cub.-Centim. Volumen wurde einem äußeren Drucke ausgesetzt, der allmälig bis zu 460 Atmosphären anwuchs. Dabei stieg die Flüssigkeit im Capillarröhrchen um je 6 Millim. bei einer Druckvermehrung von 20 Atm. Bei Anwendung inneren Druckes zersprang es bei 104 Atm. in sehr regelmäßige Bruchstücke.

Cailletet constatirte ferner, daß die Volumveränderungen, selbst wenn Drücke von 120 bis 300 Atm. 6 Stunden lang wirken, nicht dauernd sind, sondern nach dem Aufhören des Druckes wieder verschwinden.*)

Eine eigenthümliche Methode zur Bestimmung der Elasticitätscoëfficienten hat Dr. Heinrich Hülße in Chemnitz in seiner Inauguraldissertation auseinander gesetzt.**) Man läßt den zu untersuchenden Stab wie einen Wagebalken

*) Comptes rendus, 1874 fév. 9. p. 411.

**) Auszug im Polytechn. Centralblatt 1874, S. 801.

in unbelastetem und in belastetem Zustande schwingen und beobachtet dabei die Schwingungsdauer und die Empfindlichkeit der Wage. Für dieselben liefert die Theorie der Wage zwei Gleichungen, aus denen sich die Biegung des Stabes berechnen läßt. Andrerseits läßt sich diese Biegung mit Benutzung des Elasticitätscoëfficienten ausdrücken; man kann sonach, indem man beide Werthe gleichsetzt, diesen Coëfficienten berechnen. Der Autor hat Versuche mit zwei Holzstäben angestellt und Resultate erhalten, welche mit den anderweit gewonnenen gut übereinstimmen. Da nun die Methode keine großen Belastungen erfordert und sehr genau zu sein scheint, so will der Autor noch andere, technisch wichtige Materialien wie Stahl, Messing, Glas ꝛc. auf diese Weise untersuchen.

Das innere Gefüge der Krystalle ist uns bisjetzt nur sehr unvollkommen bekannt. Früher kannte man nur die Verschiedenheit der Cohäsion in verschiedenen Richtungen, welche die Beobachtung der Spaltungsflächen unmittelbar zur Anschauung brachte. Nachher zeigten die optischen Untersuchungen von Huyghens, Fresnel u. A., daß gewisse Ebenen und Richtungen sich im Bezug auf die Elasticität anders verhalten, als andere, ohne daß die bloße Betrachtung uns einen Unterschied erkennen läßt. Da es sich aber bei diesen optischen Untersuchungen gar nicht um Schwingungen der materiellen Körpertheilchen handelt, so konnten dieselben auch keine exacten Bestimmungen über die Elasticität der Krystalle selbst ergeben. Solche Bestimmungen versuchte Felix Savart zu liefern, indem er die Klangfiguren auf Platten, die in verschiedenen Richtungen aus Bergkrystall, Kalkspath und Gyps geschnitten waren, mit solchen auf Holzplatten verglich, deren Elasticität in verschiedenen Richtungen ihm bekannt war. Es wurden auf diese Weise wenigstens Maxima und Minima der Elasticität constatirt, Constantenbestimmungen aber nicht erlangt. In neuester Zeit hat man noch eine Anzahl Erscheinungen beobachtet, die ebenfalls mit der Anordnung der Moleküle im Krystall zusammenhängen, wie die thermische Ausdehnung und Leitungsfähigkeit (Fizeau in Poggend. Ann. Bd. 128 und 135, v. Lang das. Bd. 135) und das Verwitterungsellipsoid (Pape in Poggend. Ann. Bd. 135). Doch wurden auch hierbei keine exacten Zahlwerthe gewonnen.

Erst Sohncke in Königsberg setzte einen Krystall von Steinsalz mechanischen Kräften aus, um seine Zugfestigkeit in verschiedenen Richtungen zu bestimmen. Doch lieferte diese Arbeit nicht ganz das gesuchte Resultat, weil die Steinsalzkrystalle meist nach Würfelflächen rissen.*)

Veranlaßt durch die Vorlesungen des Reg.-Rath Neumann in Königsberg haben nun zwei seiner Zuhörer die Elasticitätsverhältnisse des Kalkspathes und des Steinsalzes näher untersucht.

Ueber die Elasticität des Kalkspathes sind von G. Baumgarten Beobachtungen angestellt worden.**) Als Material diente vollständig reiner bruchfreier isländischer Doppelspath von Dr. Krantz in Bonn und S. Henriques in Kopenhagen bezogen. Mittels Kupferdraht, der fortwährend mit Schmirgelwasser beträpfelt wurde, z. Th. auch mittels Claviersaitendraht, wurden dünne Stäbchen ausgesägt und dann mit Schmirgel abgeschliffen. Dabei wurde die Dicke der Stäbchen z. Th. bis fast auf 1/2 Millim. reducirt, die Breite betrug 4 Millim. Zur Untersuchung diente ein Apparat aus dem Cabinete des Reg.-Rath Neumann, der zwei vertical stehende, oben scharfkantige Träger, im Abstande von etwa 47 Millimeter hatte, auf welche die Stäbchen aufgelegt wurden. Darüber hing in der Mitte ein Messinggestell, an welchem unten eine Wagschale zur Aufnahme von Gewichten angebracht war. Nach erfolgter Belastung wurde die Biegung des Stäbchens durch ein fest davor angebrachtes Mikroskop mit Fadenkreuz und Mikrometerschraube gemessen.

Es läßt sich nun im Allgemeinen vermuthen, daß die Senkung in der Mitte des gebogenen Stäbchens abhängt

von der Stellung der Seitenflächen gegen die Achsen des Krystalles,

von den Dimensionen des Stäbchens,

von der Richtung des Stäbchens gegen die Krystallachsen und

von der Größe der aufgelegten Gewichte.

Zunächst zeigte sich

*) Vergl. S. V der gleich zu erwähnenden Arbeit von Woldemar Voigt.

**) Poggend Ann. Bd. 152, S. 369.

daß die Biegung eines Stäbchens unabhängig ist von der Stellung der Seitenfläche.

Ferner fand sich

die Biegung in derselben Weise von den Dimensionen abhängig, wie bei unkrystallinischen Körpern; sie ist also direct proportional dem Cubus der Länge, indirect proportional der Breite und indirect proportional dem Cubus der Dicke.

Was den Einfluß der Längsrichtung anlangt, so hat Baumgarten vorläufig nur Richtungen in der Ebene des ersten Hauptschnittes (durch eine Rhomboëderkante und die kurze Diagonale der Gegenfläche) untersucht. Wider Erwarten tritt hier eine Erscheinung auf, welche dem zuwiderläuft, was man auf Grund optischer und thermischer Thatsachen hätte vermuthen können, nämlich

es existirt keine Symmetrie gegen die Hauptachse,

bei Stäbchen nach Richtung einer Rhomboëderkante zeigt sich ein Minimum der Biegung,

bei solchen nach Richtung der kurzen Rhombusdiagonale findet ein Maximum der Biegung statt.

Endlich ergab sich noch,

daß die Biegungen nicht proportional sind den Gewichten, vielmehr wird mit wachsenden Gewichten die Zunahme der Biegungen geringer.

Baumgarten macht darauf aufmerksam, daß dieses negative Resultat allerdings in hohem Grade befremden müsse. „Zu seiner Erklärung scheint etwas anderes kaum übrig zu bleiben, als daß die linearen Differentialgleichungen der Elasticität hier im Krystall ihre Giltigkeit verlieren.“ Schließlich erwähnt er noch, daß Neumann in neuester Zeit eine ganz allgemeine Theorie der Elasticitätsverhältnisse krystallinischer Körper entwickelt hat, die nur auf der Annahme fußt, daß den äußeren Symmetrieverhältnissen der Krystalle die gleichen im Innern entsprechen; und daß die obigen experimentellen Daten mit den Ergebnissen dieser Theorie völlig übereinstimmen.

Wir kommen nun zu der zweiten der beiden erwähnten Arbeiten, welche die Elasticitätsverhältnisse des Steinsalzes betrifft und von Woldemar Voigt herrührt.*)

---

*) Untersuchung der Elasticitätsverhältnisse des Steinsalzes;

Die Steinsalzstücke, meist dicke Platten von Dimensionen bis zu 8,8 und 4 Centim., welche aus Staßfurth stammten, wurden, ähnlich wie dies Baumgarten that, in Stäbchen von höchstens 1 Millim. Dicke und mindestens 45 Millim. Länge verwandelt. Zunächst geschah die Anfertigung mit der Hand, und es wurden die so erhaltenen Stäbchen zu einer vorläufigen Versuchsreihe verwandt. Später bediente sich Voigt verschiedener kleiner Vorrichtungen, um das Sägen und Schleifen der Stäbchen vorzunehmen; dieselben sind in einem Anhange ausführlich beschrieben. Durch diese erste Beobachtungsreihe wurde der Einfluß der zahlreichen Fehlerquellen festgestellt, welche die Versuche stören; ganz besondere Vorsichtsmaßregeln macht die hygroskopische Beschaffenheit des Steinsalzes nöthig, um ihretwillen gab auch die zweite Beobachtungsreihe unrichtige absolute Werthe. Erst eine dritte Reihe, die in der Abhandlung ausführlich beschrieben ist, gab die richtigen absoluten Werthe.

Die Versuche wurden mittels desselben Neumann'schen Apparates angestellt, den auch Baumgarten benutzt hatte.

Der erste Theil der Voigt'schen Arbeit hat es nun mit der Bestimmung der Elasticitätscoëfficienten des Steinsalzes unter Berücksichtigung möglichst aller Fehlerquellen zu thun. Der Ausdruck „Elasticitätscoëfficient" wird hier nach dem Vorgange von Th. Young in dem Sinne genommen, daß er ein Gewicht ausdrückt, welches, auf die Einheit des Querschnittes wirkend, ein Prisma auf die doppelte Länge auszuziehen vermag. Die Versuche wurden innerhalb der Elasticitätsgrenze angestellt, d. h. so, daß mit dem Verschwinden der Kraft auch die Dilatation verschwand. Derartige Dilatationen werden als elastische bezeichnet, ihnen stehen gegenüber die dauernden.

Es hat nun Neumann in seinen Vorlesungen über Elasticität im Wintersemester 1873—74 gezeigt, daß alle Erscheinungen der Elasticität im Steinsalz höchstens von drei Constanten abhängen können. Dieses Resultat ergab sich unter der einzigen Voraussetzung, daß die Druckcomponenten

---

Inaugural-Diss. von W. Voigt. Leipzig 1874. Druck von E. Pöschel & Comp.

der elastischen Kräfte proportional mit den vorgenommenen Verrückungen sein sollten, allein aus der Betrachtung der Symmetrieverhältnisse im regulären Systeme. Der Elasticitätscoëfficient E in einer Richtung, die mit den drei Krystallachsen die Winkel α, β, γ bildet, ergiebt sich dann in der Form

$$\frac{1}{E} = M + N (\cos^4 \alpha + \cos^4 \beta + \cos^4 \gamma)$$

Die Biegungsversuche der dritten Reihe wurden nun mit 9 Stäbchen angestellt von denen je drei in Richtung der Würfel-, der Granatoëder- und der Octaëder-Normale geschnitten waren. Als mittlere Werthe für die Elasticitätscoëfficienten in diesen drei Richtungen ergaben sich

4 170 000 , 3 403 000 und 3 185 000 Gramm,

wobei als Einheit des Querschnittes 1 Quadrat-Millim. gerechnet ist. Für die Constanten M und N ergeben sich daraus die Werthe

$$M = \frac{0{,}3502}{1000000}, \ N = \frac{-0{,}1106}{1000000},$$

welche nahezu mit den aus der ersten Reihe berechneten Werthen übereinstimmen. Berechnet man mittels dieser Zahlen E, so hat man folgende Zahlen für die beobachteten und berechneten Werthe von E:

berechnet:	4 174 000	3 391 000	3 192 000
beobachtet:	4 170 000	3 403 000	3 185 000
Fehler:	$+\frac{1}{1000}$	$+\frac{1}{300}$	$+\frac{1}{450}$

Reducirt man die Gramme auf Atmosphärendruck, so ergiebt sich

$$M = \frac{3{,}593}{1000000}, \ N = \frac{-1{,}135}{1\,000\,000}$$

und für E erhält man in der Normalen der Würfel- der Granatoëder- und der Octaëderfläche die Werthe

406 800 Atm., 330 500 Atm., 311 100 Atm.

Die Sicherheit der Bestimmung von M und N schätzt Voigt mindenstens = $1/46$. Zur Vergleichung giebt derselbe noch die Elasticitätscoëfficienten einiger anderer Substanzen an:

Eisen . . .	4 000 000	Atm.	Glas . . .	1 300 000	Atm.
Kupfer . .	2 900 000	=	Marmor .	506 000	=
Blei . . .	440 000	=	Holz . . .	39 000	=

Voigt hat dann weiter untersucht, innerhalb welcher Grenzen die elastische Biegung proportional der Belastung ist. Er schließt aus seinen Versuchen, „daß, wenn überhaupt innerhalb der Elasticitätsgrenze eine Abweichung von der Proportionalität stattfindet, diese nur eine sehr geringe Vergrößerung der Biegung für wachsende Belastung geben kann.“. Die Frage, ob eine Erweiterung der Elasticitätsgrenze eine Aenderung der einem bestimmten Gewicht entsprechenden elastischen Biegung zur Folge habe, konnte zwar nicht ganz bestimmt beantwortet werden, Voigt ist aber der Ansicht, „daß, wenn eine Aenderung der Biegung durch Hinausschieben der Elasticitätsgrenze geschieht, diese eine äußerst geringe Vergrößerung ist,“ die sowohl bei Bestimmung der Elasticitätscoëfficienten, wie bei der Untersuchung des Rückstandes zu vernachlässigen ist.

Rücksichtlich des Einflüsses der Temperatur auf die elastische Biegung scheint sich aus den angestellten Versuchen zu ergeben, „daß der kleinere Elasticitätsmodul auch die relativ kleinere Aenderung mit der Temperatur erfährt.“

Die elastische Nachwirkung ergab sich als sehr gering, daher denn auch das Steinsalz besonders geeignet scheint, die Verhältnisse des Rückstandes der Biegung und ihre Veränderlichkeit mit der Zeit genauer zu studiren, was Voigt im zweiten Theile seiner Arbeit gethan hat. Für diesen Zweck konnte nicht leicht ein günstigeres Material gefunden werden. „Denn erinnert man sich, wie bei allen Beobachtungen über Elasticität in Metallen geklagt wird über den Mangel an Homogeneität und den Einfluß, den die Operationen der Darstellung auf die auftretenden Erscheinungeu haben, so wird man zugeben, daß die Salzstäbchen große Vortheile vor den Metalldrähten und Stäben bieten, ja auch selbst vor gläsernen, wenn diese etwa der bequemern Darstellung wegen genannt werden sollten. Und dies nicht nur wegen der schönen und leicht zu controlirenden Homogeneität dieses Materiales, sondern auch wegen der Entstehungsart. Denn eine Abkühlung aus heißerem Zustande bringt in der Substanz stets Spannungen hervor, um so mehr, je weniger alle Theile gleichmäßig erkalten. Da-

her kann man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Moleküle des Steinsalzes, als sie aus der wässrigen Lösung zu einem Krystall zusammentraten, die gegenseitige Lage angenommen haben, die man in der Theorie der Elasticität ihren „natürlichen" Zustand nennt, — nur bedingt durch die Einwirkung der benachbarten Theilchen, ohne Einwirkung äußerer Kräfte — denn die Schwere ist nicht von Belang." Der günstigen Beschaffenheit des Beobachtungsobjectes ist es denn auch zu danken, daß die gewonnenen Resultate „einen Theil der schon früher einzeln beobachteten Thatsachen unter einen einzigen Gesichtspunkt zusammenfassen gelehrt und andererseits bisher unerklärliche Störungen durch ein mit Nothwendigkeit sich aufdrängendes Gesetz begreiflich gemacht" haben.

Die wichtigsten der erhaltenen Resultate sind folgende:

1. „Ein im natürlichen Zustande befindliches Stäbchen hat eine, wenn auch sehr (ja vielleicht unendlich) kleine Elasticitätsgrenze."

2. Unterscheidet man, „je nachdem das Stäbchen bei unveränderter Lage nach oben oder unten gebogen wurde, Biegungen in „entgegengesetzten Richtungen", so gilt, daß ein mehrfach belastetes Stäbchen eine Elasticitätsgrenze besitzt, die von den letzt vorhergegangenen Biegungen abhängt. Nach der Richtung hin, in welcher diese stattfanden, ist die Elasticitätsgrenze gleich der größten unter den vorhergegangenen zurückgehenden, d. i. elastischen Biegungen. Hatte diese die ursprüngliche Elasticitätsgrenze überschritten, so ist nach der entgegengesetzten Richtung die Elasticitätsgrenze = 0."

3. „Hieraus folgt, daß ein Stäbchen, das durch mehrfache Biegungen äußerlich in den natürlichen, geradlinigen Zustand zurück gebracht ist, nicht die Eigenschaften des ursprünglichen Zustandes wieder erlangt hat, sondern statt nach beiden Richtungen nur nach einer eine Elasticitätsgrenze besitzt. Es liegt eine gewisse Poesie darin, daß die Spur einer einmal in dem harmonischen Gefüge verursachten Unregelmäßigkeit niemals wieder vernichtet werden kann." Neumann bezeichnet deshalb den ersten Zustand als den „jungfräulichen."

4. „Bei einem Stäbchen nimmt in der Richtung, in der es keine Elasticitätsgrenze besitzt, mit wachsender Belastung, der Rückstand um so schneller zu, je stärker concav

seine Gestalt nach dieser Richtung hin ist, d. h. je stärker negativ sein Anfangsrückstand ist."

5. „Hiervon findet eine Ausnahme für den ursprünglichen Zustand des Stäbchens statt. Ist es noch gar nicht nach der einen Seite gebogen, so ist für den Verlauf des Rückstandes gleichgültig, ob und wie sehr es zuvor nach der entgegengesetzten Richtung gebogen ist. Also ist durch eine Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze nach der einen Seite hin die nach der andern Richtung hin nicht verändert worden."

6. „Die Beobachtung des Wachsens des Rückstandes mit der Belastung zeigte mit voller Sicherheit, daß im Moment des Brechens durch einen unendlich kleinen Zuwachs der Belastung der Rückstand um einen endlichen vergrößert wird."

7. „Weiter ist für die Aenderung des Rückstandes mit der Zeit und der mit der Belastung eine empirische Formel aufgestellt, deren letztere insofern eigenthümlicher und wichtiger ist, als zu ihrer Bestimmung eine Gleichung für das Verhalten ihres Differentialquotienten zu benutzen war."

8. „Endlich ist versucht, das zusammengesetzte Phänomen des Rückstandes beim Biegen von Stäben zu reduciren auf das einfachere entsprechende beim Dilatiren und Comprimiren von Elementarprismen, und sind zwölf zum Theil complicirte Eigenschaften der erstern erklärt durch die Annahme von sechs einfacheren Eigenschaften für das zweite. Nebenbei hat sich die elastische Nachwirkung als nach den gewonnenen Vorstellungen selbstverständlich ergeben."

Rücksichtlich der Einzelheiten der Untersuchungsmethode wie der gewonnenen Resultate müssen wir auf die Schrift von Voigt selbst verweisen.

Elastische Nachwirkung. — Mit diesem Namen bezeichnet Wilh. Weber eine von ihm zuerst beim Studium der Elasticität von Seidenfäden entdeckte Erscheinung*), welche nicht mit der Ausdehnung des Fadens unter dem Einflusse der Spannung zu verwechseln ist. Denn diese tritt bloß bei einer Vermehrung der Spannung, die Nachwirkung aber sowohl nach einer Vermehrung als nach einer Verminderung

*) Göttinger Gelehrte Anzeigen, Jahrg. 1835 St. 8; Poggend. Ann. Bd. 34, S. 247.

der Spannung ein. „Nach einer vermehrten Spannung besteht die Nachwirkung in einer von der Dauer der Anspannung abhängigen Zunahme der Länge; nach verminderter Spannung besteht die Nachwirkung in einer von der Dauer der Abspannung abhängigen Abnahme der Länge, und die Erfahrung hat gezeigt, daß diese beiden entgegengesetzten Nachwirkungen, jene Zunahme und diese Abnahme der Länge, für gleiche Spannungsunterschiede der Größe nach gleich sind."

Später hat Kohlrausch diese Nachwirkung an gedrillten Glasfäden, Gold- und Silberdrähten studirt*) und das folgende Gesetz gefunden: „Die Geschwindigkeit, mit welcher die elastische Nachwirkung einen Körper der durch neue Kräfte geänderten Gleichgewichtsgestalt annähert, ist proportional dem augenblicklichen Abstande x von der schließlichen Gestalt und umgekehrt proportional einer Potenz der Zeit t, gerechnet von dem Beginn der Wirksamkeit der neuen Kräfte." Die Geschwindigkeit wird also durch die Formel

$$\alpha \frac{x}{t^n} \qquad (I)$$

dargestellt, doch kann man diese selbstverständlich nicht für t = 0 anwenden. Im Fall einer nur kurz andauernden vorausgegangenen Deformation wurde n für gedrillte Drähte, sowie für Coconfäden nahezu = 1 gefunden. Es würde also

$$x\, t^{\alpha} = c \qquad (II)$$

sein. Die Größe α ergab sich für einen Silberdraht nahe constant, c war der vorangegangenen Verschiebung ungefähr proportional, doch hatte sich Kohlrausch eine genauere Untersuchung dieses Punktes vorbehalten.

Derselbe hat nun das erwähnte Gesetz noch weiter geprüft und bestätigt gefunden.**)

Einem Silberdraht von 125 Millim. Länge und 0,092 Mm. Durchmesser wurde 1 Min. lang eine Torsion von 20 bis 240° mitgetheilt, und es wurde dann, nachdem die anfänglichen Schwingungen aufgehört hatten, die Wiederannähe-

*) Poggend. Ann. Bd. 114, S. 337 und Bd. 128, S. 1 207 u. 399.

**) Nachrichten von der Ges. der Wissensch. in Göttingen, Jahrg. 1875, Nr. 2, S. 31.

rung an die ursprüngliche Gestalt beobachtet. Ferner wurde ein quadratischer Kautschukfaden von 0,9 Mm. Dicke je 30 Sec. lang um Winkel zwischen 5 und 90° gedrillt. An demselben Faden wurde auch die elastische Nachwirkung bei der Ausdehnung studirt.

Während bei diesen Versuchen das speciellere Gesetz (II) wenigstens annäherungsweise Bestätigung fand, ergab sich bei den Biegungsversuchen die Geschwindigkeitsform (I). Zu diesen Versuchen wurde ein gerader Stab aus Hartkautschuk (Kammmasse) von 600 Mm. Länge, 16 Mm. Breite und 3 Mm. Dicke benutzt. Wurde derselbe 18 Stunden lang zu einem Krümmungshalbmesser von etwa 300 Mm. gebogen und dann sich selbst überlassen, so zeigte er 5 Sec. später eine Krümmung von 1400 Mm. Durchmesser, die sich allmälig verlor und 4 Tage lang verfolgt wurde. Die Krümmung, d. h. der reciproke Werth des Krümmungshalbmessers ließ sich während dieser Zeit mit großer Genauigkeit nach der Formel (I) darstellen, und zwar war

$$\alpha = 0{,}062, \quad n = 0{,}69.$$

Derselbe Stab wurde an dem einen Ende festgeklemmt, am anderen um 50 bis 150 Mm. durchgebogen. Nach 1 Min. losgelassen, bewegte sich das freie Ende nach dem Gesetze (I) mit

$$\alpha = 0{,}54 \quad \text{und} \quad n = 0{,}79$$

der Ruhelage zu. Die Bewegung nahm in den verschiedenen Fällen einen ähnlichen Verlauf und die Größe der Nachwirkung war der vorangegangenen Durchbiegung proportional.

Kohlrausch hat schon füher gefunden, daß die elastische Nachwirkung durch die Temperatur stark beeinflußt wird. Bei der Biegung des Hartkautschukstabes wurde dieselbe Wahrnehmung gemacht, und zwar zeigte sich in gleicher Weise, wie früher beim Silber gefunden worden, die Größe der Nachwirkung bei sinkender Temperatur stark abnehmend. Weniger einfach scheinen die Verhältnisse an dem weichen Kautschukfaden zu sein, vielleicht weil dieses Material seine Elasticität bei niederer Temperatur bekanntlich theilweise einbüßt.

Sehr merkwürdig, aber mit den allgemeinen Gesetzen übereinstimmend, sind die Erscheinungen bei der successiven Anwendung entgegengesetzter Formänderungen auf

einen Kautschukfaden. Zuerst wurde demselben längere Zeit hindurch eine starke Torsion ertheilt; 10 Min. nach ihrem Aufhören, als die Geschwindigkeit nach der Gleichgewichtslage hin nur noch eine mäßige Größe zeigte, wurde er nach entgegengesetzter Seite gedrillt um einen kleineren Winkel als den ersten. Wieder losgelassen zeigte er eine Bewegung, welche ihn zuerst von der endlichen Gleichgewichtslage entfernte, dann nach einigen Minuten Null wurde und nun in's entgegengesetzte Vorzeichen überging. Zuerst nämlich überwog die Nachwirkung der zweiten Torsion, die aber rascher als die erste verschwand, so daß zuletzt diese wieder hervortrat. Ja bei Anwendung von drei Torsionen von geeigneter Größe und Zeitfolge ließ sich sogar eine zweimalige Umkehr der Bewegung beobachten. Aehnliche Erscheinungen ergaben sich auch bei Verlängerung der Kautschukfäden und bei Biegung des Hartkautschukstabes. Dieses gleichzeitige Bestehen mehrerer Nachwirkungen in einem und demselben Körper fordert nach der Ansicht von Kohlrausch „unbedingt eine Abänderung der Anschauungen der Körperconstitution, welche der gegenwärtigen Elasticitätstheorie zu Grunde liegen. Durch die freiwillige Umkehr der in einer Richtung stattfindenden Gestaltsveränderung in die entgegengesetzte Richtung wird bewiesen, daß mit einer und derselben äußeren Gestalt verschiedene Anordnungen der Moleküle verbunden sein können, und daß es Kräfte der Elasticität im Inneren der Körper giebt, welche ihre Gestalt temporär von der Gleichgewichtslage weiter entfernen können."

Zu anderen Resultaten ist F. Neesen in Berlin gelangt bei Versuchen, die er mit Kautschukfäden angestellt hat.*) Die von ihm gefundene Formel

$$x = ce^{-\alpha t},$$

in welcher c und α Constante sind, e = 2,71828 ist, ergiebt sich aus der Kohlrausch'schen Formel (I), wenn n = 0 gesetzt wird, während Kohlrausch nahezu n = 1 fand.

Eine Theorie der elastischen Nachwirkung hat O. E.

*) Monatsberichte der Berliner Akad. 1874 Febr. 12. u. Poggend. Ann. Bd. 153, S. 498.

Meyer in Breslau zu geben versucht.*) Da bei einem unvollkommen elastischen Körper bei jeder Formveränderung und bei jeder innern Bewegung mechanische Energie verloren geht, so können die elastischen Kräfte in einem solchen Körper nicht bloß von den Verrückungen abhängen, sondern sie müssen auch von der Geschwindigkeit, mit welcher erstere vor sich gehen, abhängig sein. Auf Grund dieses Satzes lassen sich sowohl die Formeln für die elastischen Druckkräfte, als auch die Differentialgleichungen für die elastischen Bewegungen aufstellen, wobei sowohl bei den Verrückungen als auch bei den Geschwindigkeiten blos die erste Potenz beibehalten wird. Die Glieder, welche durch Berücksichtigung der Geschwindigkeit hinzutreten, haben ganz dieselbe Gestalt, wie die mathematischen Ausdrücke, welche in der Theorie der innern Reibung auftreten. Meyer schließt daraus, daß die unvollkommene Elasticität eine durch den Einfluß der innern Reibung des Mediums gestörte Elasticität sei, eine Ansicht, die sich schon bei Muschenbroek (Introd. ad philos. naturalem, Lugd. Bat. 1762, § 763) findet. Auf Grund dieser Annahme giebt nun Meyer eine Erklärung der elastischen Nachwirkung sowohl bei der Dehnung als auch bei der Torsion, ohne indessen vor der Hand eine numerische Vergleichung seiner Formeln mit den Beobachtungen vornehmen zu können, weil bei den von Weber und Kohlrausch angewandten Stoffen, Seiden- und Glasfäden, die Reibungscoëfficienten unbekannt sind.

Neesen hat darauf aufmerksam gemacht, daß sein Resultat mit dieser Theorie im Einklange steht, indem seine Formel das erste Glied der Meyer'schen ist. Dagegen glaubt Kohlrausch, daß die gewöhnliche Reibung, bei welcher ein Reibungscoëfficient mit der gegenseitigen Geschwindigkeit benachbarter Theilchen multiplicirt eingeführt wird, die elastische Nachwirkung, sowie er sie beobachtet hat, unmöglich ganz erklären kann. Anders würde sich die Sache vielleicht gestalten, wenn die Reibungskräfte in den Bewegungsgleichungen nicht als bloße Function der Geschwindigkeit einträten. Schon Weber und später Clausius**) haben die Bemerkung gemacht, daß der langsame Theil der elastischen Formänderung vielleicht

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 108.
**) Poggend. Ann. Bd. 76, S. 65.

davon herrühre, daß bei einer Deformation eines Körpers die einzelnen Theilchen nicht nur einer Ortsveränderung, sondern auch einer Drehung unterworfen sind und daß letztere einen Widerstand erleide. Letzterer bedarf aber einer Erklärung. Nach der mechanischen Wärmetheorie befinden sich „die Moleküle in einer Bewegung, die bei festen Körpern um ein Centrum stattfinden, d. h. in einer Rotation der Theilchen in sich selbst oder einer Umkreisung des Centrums bestehen muß. In solchen Fällen treten die Erscheinungen der Erhaltung der Rotationsachse oder Schwingungsebene auf; ein rotirender Körper setzt der Drehung seiner Achse einen Widerstand entgegen.“ Hierin liegt vielleicht, wie Kohlrausch vermuthet, der Schlüssel zu den Erscheinungen der elastischen Nachwirkung. Dadurch würde sich vielleicht der enge Zusammenhang dieser Erscheinungen mit der Temperatur, sowie auch der Umstand erklären lassen, „daß bei den Körpern organischen Ursprunges, also mit sehr zusammengesetztem Molekül, die Nachwirkung in besonders hohem Grade auftritt.“

Scheinbare Adhäsion.

Mit diesem Namen bezeichnet J. Stefan*) in Wien die Erscheinung, daß zwei auf einander gelegte ebene Platten nur unter Aufwand einer Kraft wieder von einander getrennt werden können. Bisher hatte man diese Erscheinung als durch die Adhäsion, d. h. durch die Molecularkräfte zwischen den beiden Platten bedingt, angesehen und auch Versuche zur statischen Bestimmung der Größe der Adhäsion gemacht. Nach Stefan's Ansicht handelt es sich aber hier nicht um ein statisches, sondern um ein dynamisches Problem, und die von ihm angestellten Versuche haben gezeigt, daß die Trennung der beiden Platten durch jede beliebige Kraft erfolgen kann, nur ist die Zeit, innerhalb welcher die Entfernung beider um eine meßbare Größe verändert wird, um so größer, je kleiner die Kraft ist. Gleich beim Beginn der Wirkung der Kraft beginnt auch die Entfernung der Platten zu wachsen; aber anfangs geschieht

*) Anzeiger der k. Akad. zu Wien, 1874, No. 12. Poggend. Ann. Bd. 154, S. 316.

dies langsam, erst mit wachsender Distanz rascher. Noch größer ist die scheinbare Adhäsion, wenn die Platten sich nicht in Luft, sondern in Wasser befinden. Die Entfernung zweier in Wasser getauchter Platten von 155 Mm. Durchmesser, welche anfangs 0,1 Mm. beträgt, wächst in Folge des continuirlichen Zuges eines Grammes um 0,01 Mm. erst in 1 1/2, um 0,1 Mm. erst in 7 Min. Durch Beobachtungen, die sich auf kurze Zeit beschränkten, konnte man daher leicht zur Annahme eines statischen Gleichgewichtes verleitet werden.

Stefan maß die Zeiten, während welcher eine gegebene, anfänglich durch zwischen die Platten gelegte Drähte gemessene Distanz um eine bestimmte Größe wuchs, und fand, daß diese Zeiten umgekehrt proportional sind der trennenden Kraft, nahezu proportional dem Quadrate der ursprünglichen Entfernung, direct proportional den vierten Potenzen der Radien der Platten und, bei verschiedenen Flüssigkeiten, direct proportional den Zeiten, in welchen unter gleichem Drucke gleiche Volumina dieser Flüssigkeiten durch eine Capillarröhre strömen.

Es handelt sich hiernach bei der erwähnten Erscheinung um ein Problem der Hydrodynamik. Wenn die trennende Kraft zu wirken anfängt, so erhält die Entfernung der Platten einen unendlich kleinen Zuwachs. Damit vergrößert sich der Raum zwischen den Platten, die Flüssigkeit in demselben erfährt eine Dilatation, ihr hydrostatischer Druck wird geringer, der Ueberdruck der äußern Flüssigkeit wirkt der trennenden Kraft entgegen. Doch tritt kein Gleichgewicht ein, weil äußere Flüssigkeit zwischen die Platten einströmt, was wieder eine Verminderung der Druckdifferenz zur Folge hat. Indem die Plattendistanz durch die trennende Kraft weiter vergrößert wird, wiederholt sich derselbe Vorgang continuirlich.

Stefan giebt auch eine approximative theoretische Lösung des Problemes, wobei er von folgender Betrachtung ausgeht. Die lebendige Kraft, welche die Platten durch die trennende Kraft erhalten, ist wegen der Langsamkeit der Bewegung verschwindend klein gegen die Arbeit der trennenden Kraft; diese Arbeit hat ihr Aequivalent in derjenigen welche zur Unterhaltung der Strömung der Flüssigkeit aus dem äußern in den von den Platten eingeschlossenen Raum nöthig ist. Die aus dieser Annahme abgeleitete Gleichung führt auch in der That auf die durch die Ver-

suche nachgewiesenen Gesetze; sie gestattet auch noch aus den Versuchen die Coëfficienten der innern Reibung der Versuchsflüssigkeiten abzuleiten. Bei Annahme des Centimeters, des Gramms und der Secunde als Einheiten ergab sich dieser Coëfficient für Wasser von 19° C = 0,0108, für Luft = 0,00183, ziemlich übereinstimmend mit den aus den Versuchen von Poiseuille, Maxwell und O. E. Meyer abgeleiteten Zahlen.

Fallbewegung.

Einen einfachen Apparat zur Demonstration der Fallgesetze hat Dr. L. Morgenstern*) in Göttingen angegeben. Der Haupttheil desselben ist eine schiefe Ebene, welche durch zwei neben einander liegende Stahlsaiten gebildet wird, auf denen eine Kugel rollt. Der Neigungswinkel dieser parallelen Saiten gegen die horizontale Ebene kann beliebig verändert und dadurch die Bewegung der Kugel langsamer oder schneller gemacht werden.

Um die Geschwindigkeit der Kugel sichtbar zu machen, wird letztere von der schiefen Ebene auf eine horizontale übergeführt und so der Wirkung der Schwerkraft entzogen. Diese horizontale Ebene besteht gleichfalls aus ein Paar parallelen Stahlsaiten und läßt sich auf und niederschieben, so daß man die Stelle, wo die Kugel von der geneigten auf die horizontale Ebene tritt, beliebig verlegen kann.

Wie man sieht, demonstrirt Morgenstern die Fallgesetze auf wesentlich dieselbe Weise wie Galilei. Der ganze, zunächst für den Gebrauch der Schule berechnete Apparat ist übrigens leicht herzustellen. Die beiden parallelen Saiten einer Bahn werden durch die beiden Hälften einer und derselben Saite gebildet, die an der einen Seite um eine horizontale Schraube, auf der andern um eine Rolle mit verticaler Achse gelegt ist. Diese Schrauben und Rollen sind in Hülsen angebracht, die sich an verticalen, mit Maßstab versehenen Säulen auf und abschieben lassen, welche an den Enden eines Tisches angeschraubt werden. Hinter den Bahnen befindet sich, ebenfalls verstellbar zwischen verticalen Säulen angebracht, ein Maßstab,

*) Polytechn. Centralbl. 1874, S. 100 nach Engineering 1874 Dec., p. 432.

an welchem man den von der Kugel zurückgelegten Weg ablesen kann.

Noch sind zwei wesentliche Theile des Apparates zu erwähnen: die Vorrichtung, welche die Kugel bis zum Beginn des Versuches hält, und das Pendel. Die erstgenannte Vorrichtung und der Pendelträger sind verschiebbar an einer Schiene angebracht, die unterhalb des erwähnten Maßstabes liegt. Das Pendel selbst geht in seinem tiefsten Punkte dicht über der Bahn der Kugel hin und bringt daher die letztere zum Stillstande, wenn sie ihr gerade dort begegnet. Man stellt nun den Pendelhalter so, daß in der That nach einer gewissen Anzahl von Pendelschlägen die auf der schiefen Ebene herabrollende Kugel von der Pendelkugel aufgehalten wird, worauf man den zurückgelegten Weg sehr bequem ablesen kann. Bevor der Versuch beginnt wird das Pendel mittels eines durch seine Kugel gesteckten feinen Drahtes zwischen zwei Korkstücken festgehalten; ein leichter Schlag auf die Schiene, welche den Maßstab trägt, macht das Pendel frei, zugleich aber auch die bis jetzt noch am oberen Ende der Bahn festgehaltene Kugel. Zum Festhalten der letzteren dient ein an einer verticalen Achse befestigter Draht, der sich mit seiner Spitze gegen die Kugel legt, während ein anderer Arm mit der Maßstabschiene in Verbindung steht.

Geradführung.

Das Problem, eine geradlinig hin und hergehende Bewegung zu verwandeln, in eine kreisförmige, wird bekanntlich durch das Watt'sche Parallelogramm nur näherungsweise gelöst. Denn während das Ende des Balanciers einer Watt'schen Dampfmaschine einen Kreisbogen beschreibt, bewegt sich derjenige Eckpunkt des Parallelogrammes, an welchem die Kolbenstange hängt, auf einer Curve sechsten Grades, die indessen einer Geraden sehr nahe kommt. James Watt selbst hielt die genaue Lösung für unmöglich.

Tschebischef hat durch eine Anordnung, die er 1854 beschrieben*), den Fehler noch geringer gemacht als bei dem Watt'schen Parallelogramm.

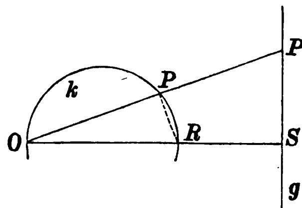
*) Mém. des savants étrangers de l'Acad. de Petersbourg. 1854 u. Bulletin de l'Acad. de Pétersbourg, 1862.

Zu einer genauen Lösung kann man zwei längst bekannte Sätze der Geometrie verwenden.

Rollt ein Kreis auf der Innenseite eines anderen festen Kreises, so beschreibt ein Punkt seines Umfanges eine krumme Linie, welche eine Hypocykloide genannt wird. In dem besonderen Falle aber, wenn der Halbmesser des rollenden Kreises halb so groß ist, als der des festen, geht diese Linie in eine Gerade über. Auf diesen Satz gründet sich eine von Kleritz angegebene, allerdings sehr mangelhafte Geradführung.*)

Ein anderer Satz liegt einer Anordnung zu Grunde, auf welche in neuester Zeit von Frankreich aus die Aufmerksamkeit gelenkt wird. Bewegen zwei Punkte P und P' einer Ebene (Fig. 13) sich so, daß ihre Verbindungslinie PP' stets durch den festen Punkt O geht und daß das Product OP.OP' einen constanten Werth behält, so beschreiben diese Punkte Figuren, welche man kreisverwandt nennt. Bewegt sich nämlich einer der beiden Punkte auf einem Kreise,

Fig. 13.



so beschreibt auch der andere einen Kreis. Diese Eigenschaft, welche sich schon im ersten Buche der ebenen Oerter des Apollonius von Perga findet**), hat Veranlassung zu der Benennung „kreisverwandt" gegeben. Beschreibt insbesondere P einen durch den festen Punkt O gehenden Kreis k, so bewegt sich P' auf einer Geraden g (einem Kreise von unendlich großem Halbmesser), die auf dem von O ausgehenden Durchmesser jenes Kreises senkrecht steht. Man erkennt die Richtigkeit dieses Satzes sofort aus der Figur 13, denn da hier der Winkel OPR ein rechter ist, so sind die Dreiecke OPR und OSP' ähnlich, also OP:OR = OS:OP' und es hat also OP.OP' den festen Werth OR.OS.

*) Polytechn. Centralblatt, 1871, S. 1332.

**) Vergl. Simpson's Bearbeitung, übers. von Camerer, S. 47. Eine geometrische Theorie der Kreisverwandtschaft gab Möbius in den Abh. der sächs. Gesellsch. der Wissenschaft 1855.

Um diesen Satz zur Umwandlung einer kreisförmigen in eine geradlinige Bewegung zu benutzen, muß man 1) den Punkten P und P' eine solche Führung geben, daß die Verbindungslinie derselben immer durch O geht, und daß OP. OP' denselben festen Werth beibehält; und 2) muß man P auf einem durch O gehenden Kreise führen. Letzteres geschieht einfach dadurch, daß man P durch eine Lenkstange mit einem festen Punkte M verbindet, wobei MP = MO ist. Die erstere Bedingung aber hat L. Lipkin in St. Petersburg auf folgendem Wege erfüllt.*) Er nimmt noch zwei Punkte A und B an, deren jeder gleichweit von P und P' entfernt ist, und verbindet dieselben mit P, P' und O durch Hebel und Charniere; dann ist OP. OP' die Potenz des Punktes O im Bezug auf den um A mit dem Halbmesser AP = AP' beschriebenen Kreis, also gleich $OA^2 - AP^2$. Mit Hinzufügung der Leitstange MP erhält er dann die Anordnungen, welche die Figuren 14 und 15 zeigen. Beide sind im Wesentlichen gleich, nur liegt in Figur 14 der Punkt O außerhalb des Deltoides PAP'B, in Figur 15 innerhalb desselben. Während nun P den in der Figur angedeuteten Kreis k beschreibt, bewegt sich P' auf der Geraden g. Eine dritte Anordnung zeigt Figur 16: hier sind O, P, P' ersetzt durch O', Q, Q', welche auf den verlängerten Geraden AO, AP und AP' so liegen, daß die Gerade

Fig. 14.

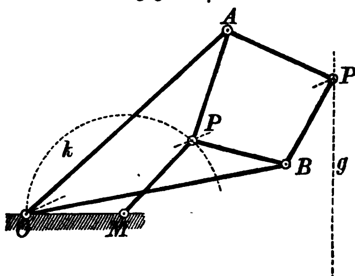
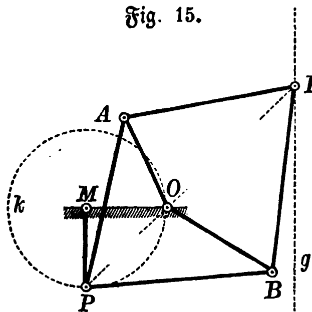


Fig. 15.

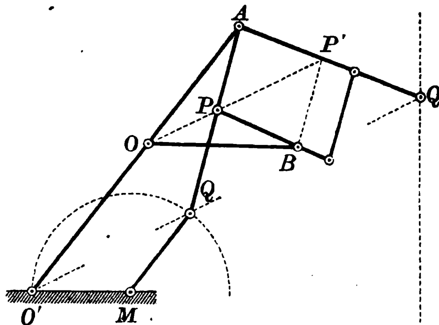


*) Mélanges math. et astron. tirés du bulletin de l'Acad.

O'QQ' parallel zu OPP' ist. Lipkin hatte auch auf der Wiener Weltausstellung unter No. 2, Gruppe 14 der russischen Abtheilung ein Modell seiner Geradführung ausgestellt.

Seit Herbst 1873 verlautet nun, daß bereits im Jahre 1864 der französische Geniecapitän (jetzt Oberstlieutenant) Peaucellier eine vollkommene Geradführung erfunden habe. Der englische Mathematiker Sylvester erhielt durch Tschebischef Kunde davon, knüpfte daran verschiedene mathematische Betrachtungen, und machte darüber in der Sitzung der Londoner mathematischen Gesellschaft am 13. Nov. 1873 Mittheilung unter Vorzeigung der Modelle.

Fig. 16.



Auf der Versammlung der Association française pour l'Avancement des Sciences, die im August 1874 in Lille abgehalten wurde, kam die Sache in der Sitzung der mathematischen Section ebenfalls zur Sprache, und in der öffentlichen Jahresversammlung der Pariser Akademie, welche am 25. Jun. 1875 unter dem Vorsitze von Fremy abgehalten wurde, erhielt Peaucellier den Monthyon-Preis für Mechanik. Der von Resal vorgetragene Bericht bemerkt*), daß die Bewegung genau geradlinig wird, „wenn der beschreibende Punkt die Ecke eines gegliederten Rhombus ist, dessen entgegengesetzte Ecken mit dem Rotationscentrum durch zwei gleich lange Stangen verbunden sind, während die vierte Ecke mit einem festen Centrum durch eine Stange verbunden ist, welche an Länge der Entfernung beider Centren gleich ist." Man erkennt die Uebereinstimmung mit

des siences de St. Petersbourg, Tome IV, p. 673 (3. Jan. 1871), aus dem Bulletin, Tome XVI, p. 57.

*) Comptes rendus, 1875 juin 21, p. 1469.

den Lipkin'schen Anordnungen Figur 14 und Figur 15, sobald man dort AP = BP, also auch AO = BO annimmt. Der Bericht bemerkt dann weiter, daß Peaucellier auch noch andere Anordnungen angegeben habe, welche man durch parallele Verschiebung einzelner Theile erhält; sodann habe derselbe auch gezeigt, wie man die Transformation der Bewegung auch mit einem aus fünf Gliedern bestehenden Systeme bewerkstelligen könne. Durch einige an seinem ersten Apparate angebrachte Modificationen habe Peaucellier ferner ein Instrument zum Zeichnen von Conchoiden, Cissoiden, Lemniscaten und Kegelschnitten erhalten. Verschiedene Anwendungen seien bereits in England gemacht, namentlich bei einer Dampfmaschine, die im Parlamentsgebäude einen großen Ventilator treibt, ebenso an Handpumpen.

Statik und Dynamik tropfbarflüssiger und gasförmiger Körper.

Bewegung des Wassers in Röhren.

Ueber diesen Gegenstand sind von Oscar Emil Meyer in Breslau Versuche angestellt worden.*) Derselbe benutzte Bleirohre von 3000 Meter Länge und 7 Millim. Weite, welche der Besitzer der Bleifabrik von C. F. Ohle's Erben in Breslau hatte anfertigen lassen und die in 12 Rollen von je 250 Meter Länge aufgeschichtet waren. An jedem Ende der Röhre stand eine Druckpumpe, durch welche dieselbe mit Wasser gefüllt wurde; dabei entwich die Luft durch feine, später verschlossene Oeffnungen im höchsten Punkte jeder Rolle. Außerdem war das eine Ende der Leitung mit einem Quecksilber-Manometer versehen, dessen Scala bis zu 5 Atmosphären Druck reichte.

Zunächst wurde der Satz bestätigt, daß ein an dem einen Ende ausgeübter Druck sich mit der Geschwindigkeit des Schalles fortpflanzt. Diese Geschwindigkeit fand sich nämlich gleich 1000 Meter, indem ein plötzlicher Druck auf den Schwengel der einen Pumpe von dem Manometer nach genau 3 Secunden angezeigt wurde. Allerdings ist die Schallgeschwindigkeit in

*) Poggend. Ann. Jubelbd. S. 1.

freiem Wasser bedeutend größer, etwa 1400 Meter; aber schon Wertheim fand bei Versuchen, die er mit Zungenpfeifen, die mit Wasser gefüllt waren, anstellte, nur 11—1200 Meter, und so kann es nicht befremden, daß in so engen Röhren, wie die hier benutzten, die Geschwindigkeit noch geringer ist.

Ferner untersuchte Meyer das Gesetz der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser durch diese lange und verhältnißmäßig enge Röhre ausfloß. Es wurde zunächst die von Hagen benutzte Formel

$$P = rc + sc^2$$

geprüft, in welcher

$$P = \frac{p}{\lambda}$$

das relative Gefälle, d. h. den treibenden Druck p, dividirt durch die Röhrenlänge λ, c aber die mittlere Geschwindigkeit des strömenden Wassers bedeutet, während r und s Constante sind, deren Werth von der Röhrenweite und der Natur der strömenden Flüssigkeit abhängt. Während aber nach dieser Formel die Geschwindigkeit bei gleichbleibendem relativen Gefälle sich nicht ändert, zeigten Meyer's Versuche auf's deutlichste, „daß bei gleichbleibendem Werthe des relativen Gefälles P die Ausflußzeit t regelmäßig zunimmt, wenn die Röhrenlänge λ abnimmt."

Die weitere Untersuchung führte schließlich zu der Formel

$$t = \frac{A}{\sqrt{p}} + B\,\frac{\lambda}{p} + C\,\frac{\lambda^2}{p^2},$$

in welcher A, B, C constante, vom Drucke p und der Röhrenlänge unabhängige Coëfficienten sind. Der Coëfficient A hängt von der Weite der Ventilöffnung der angewandten Druckpumpe ab, B aber hat den Werth

$$B = \frac{8\eta V}{\pi R^4},$$

worin V das Volumen, welches in der Zeit t durch die Röhre vom Halbmesser R strömt, und η den Reibungscoëfficienten der Flüssigkeit bedeutet. Setzt man in der Meyer'schen Formel A und C gleich Null, so erhält man das Poiseuille'sche Gesetz

$$V = \frac{\pi R^4 pt}{8 r_{,} \lambda}.$$

Es gilt daher dieses Gesetz nicht blos für Capillarröhren, wie sein Autor annahm*), sondern auch noch, wenigstens angenähert, für enge Röhren überhaupt, falls sie gehörig lang sind. Die Uebereinstimmung war so groß, daß Meyer aus seinen Beobachtungen nach dem Poiseuille'schen Gesetz den Werth

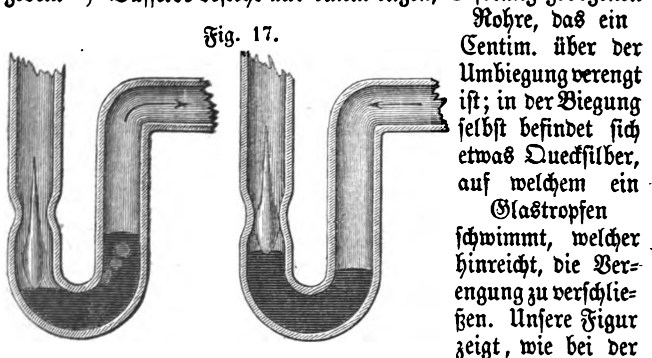
$$r_{,} = 0{,}015,$$

bezogen auf Quadratcentim. und Secunden fand, während man aus Hagen's Beobachtungen an Capillarröhren $r_{,} = 0{,}012$, aus denen Poiseuille's $r_{,} = 0{,}0135$ für 10^0 und aus den von Meyer nach Coulomb's Methode für dieselbe Temperatur ausgeführten Bestimmungen $r_{,} = 0{,}016$ erhält.

Selbstthätiges Quecksilber-Ventil.

Ein selbstthätiges Quecksilberventil, um Gase und Flüssigkeiten, welche Quecksilber nicht angreifen, nach einer Richtung zu leiten, den Rücktritt aber zu verhindern, hat A. Gawalowski in Prag angegeben.**) Dasselbe besteht aus einem engen, U-förmig gebogenen Rohre, das ein Centim. über der Umbiegung verengt ist; in der Biegung selbst befindet sich etwas Quecksilber, auf welchem ein Glastropfen schwimmt, welcher hinreicht, die Verengung zu verschließen. Unsere Figur zeigt, wie bei der einen Richtung des Gasstromes das Ventil sich öffnet, während bei entgegengesetzter Richtung der Verschluß hergestellt wird.

Fig. 17.



*) Mém. prés. par div. sav. à l'Acad. des sc. Tome IX. Paris 1846; im Auszuge in den Ann. de Chimie 1843, Tome VII.

**) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 624.

Statik von Flüssigkeiten, die blos dem Einflusse molekularer Kräfte ausgesetzt sind.

Unter diesem Titel hat Plateau eine zusammenfassende Darstellung seiner eigenen, gegen dreißig Jahren lang fortgesetzten Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht*), in welcher aber auch die Arbeiten anderer Physiker, wie nicht minder die theoretischen Untersuchungen, welche verschiedene Mathematiker angestellt haben, Berücksichtigung finden. Von besonderem Interesse ist auch im zweiten Bande der geschichtliche Ueberblick über die Entwickelung unserer Kenntnisse von den Phänomenen, welche dünne Flüssigkeitslamellen darbieten, von den Zeiten Boyle's, Hooke's, Newton's, Gray's, Leidenfrost's u. A. bis auf die Gegenwart. Wir müssen uns hier damit begnügen, unsere Leser auf dieses Werk aufmerksam zu machen.

Zubereitung der Plateau'schen Glycerinflüssigkeit. Zur Darstellung von Gleichgewichtsformen, welche die Oberflächen von Flüssigkeiten zeigen, die dem Einflusse der Schwere entzogen sind, empfiehlt A. Terquem eine Flüssigkeit von folgender Zusammensetzung.**)

Man nimmt Marseiller Seife, theilt sie zum Zwecke des Austrocknens in sehr feine Stücke, am besten indem man sie hobelt, und legt sie dann im Sommer an die Sonne, im Winter auf den warmen Ofen, bis sie ganz trocken ist, was in einigen Stunden der Fall ist. Hierauf schüttet man sie in eine Flasche mit Alkohol von 80 Grad (spec. Gew. = 0,865); noch concentrirterer löst zu wenig ölsaures Salz auf, ist er dagegen zu wasserhaltig, so nimmt die Menge des aufgelösten stearinsauren Salzes zu sehr zu, welches keinen Schaum liefert. Man darf nicht erwärmen, sonst löst sich zuviel Seife in dem Alkohol auf, und man erhält beim Erkalten eine feste Masse. Die gesättigte alkoholische Seifenlösung zeigt bei 15° C. 74 Grad am 100theiligen Alkoholometer, ihr specifisches Gewicht ist 0,880 und 10 Cubikcentim. enthalten 0,742 Gramm Seife.

---

*) Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires. Par. J. Plateau. Prof. à l'université de Gand. Gand et Leipzig, F. Clemm. 1873/74. 2 Vol.

**) Carl's Repert. der Experimental-Physik, X, S. 72.

Andererseits stellt man sich eine Mischung von Glycerin und Wasser von 17°,1 Baumé her (spec. Gew. = 1,35 bei 20° C.); es entspricht dies einer Mischung von gleichen Volumen Wasser und Glycerin im Concentrations-Maximum. Man thut gut, die Flasche mit dieser Mischung im siedendem Wasser zu erhitzen, um die Entwickelung von Conserven zu verhindern.

Schließlich nimmt man 100 Cubikcentim. der Glycerinmischung mit Wasser und fügt 25 Cubikcentim. alkoholische Seifenlösung zu. Um den Alkohol auszutreiben, bringt man dann die Mischung zum Sieden und findet, daß er völlig verschwunden ist, wenn die Siedetemperatur 100° übersteigt. Man läßt dann erkalten, gießt die Flüssigkeit in einen Meßcylinder und fügt destillirtes Wasser zu, bis das Volumen 100 Cubikcentimeter beträgt. Hierauf filtrit man mehrmals, um den gebildeten ölsauren Kalk zu entfernen, der sich immer bildet, wenn das Glycerin schwefelsauren Kalk enthält. Dieses Filtriren ist etwas mühsam, weil die Flüssigkeit anfangs trübe, dann fast gar nicht mehr durchs Filter geht. Man erleichtert sich dasselbe, wenn man in den unteren Theil des Trichters einen Wollpfropfen bringt, den man je nach der Raschheit des Ausfließens der Flüssigkeit mehr oder weniger aus einander zieht.

Die so erhaltene Flüssigkeit eignet sich ausgezeichnet zur Wiederholung der verschiedenen Plateau'schen Versuche. Hohlkugeln, die auf einen kleinen Dreifuß gesetzt sind, halten unter einer Glasglocke über eine Stunde, wenn ihr Durchmesser ein Decimeter nicht übersteigt.

Welche Rolle das Glycerin im Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Seifenblasen spielt, ist noch nicht ganz aufgeklärt. Plateau nimmt an, daß dasselbe hauptsächlich dazu dient, das Verdunsten des Wassers zu verhüten. Man kann aber statt Glycerin auch andere Substanzen nehmen, welche die Klebrigkeit des Seifenwassers vermehren und dadurch ein zu rasches Zerfließen und eine zu schnelle Abnahme der Dicke im obern Theile der Blase verhindern.

So lassen sich die meisten Plateau'schen Versuche auch mit der folgenden, leichter herstellbaren Flüssigkeit ausführen. In 100 Gr. Wasser wird in der Wärme 1 Gr. getrocknete Marseiller Seife aufgelöst; nach dem Erkalten filtrit man und fügt auf 100 Cubikcentimeter Flüssigkeit 40 Gr. weißen Zucker

zu. Kugeln aus dieser Flüssigkeit dauern oft mehrere Stunden lang; allein zum Studium der Farbenerscheinungen sind sie weniger geeignet, als die aus der Glycerinflüssigkeit gewonnenen, weil sie schon zerreißen, ehe ihre Dicke soweit abgenommen hat, wie bei den letzteren.

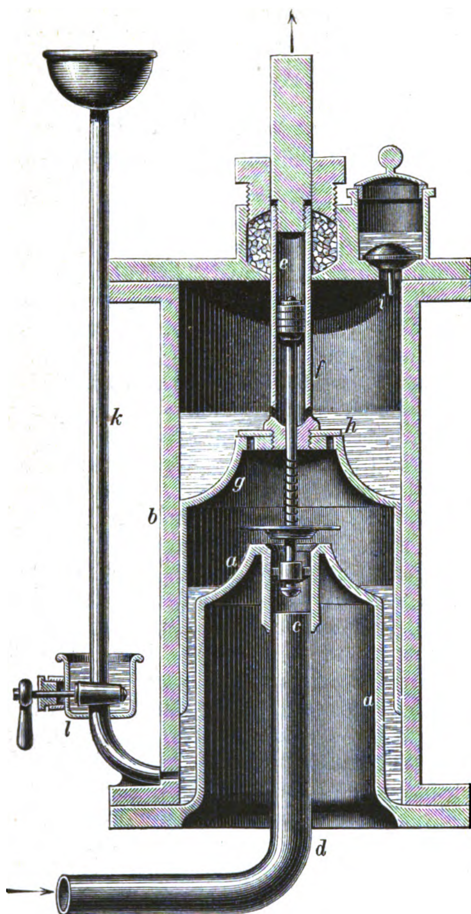
Terquem hat a. a. O. noch verschiedene optische Untersuchungen beschrieben, die er mit Flüssigkeitslamellen angestellt hat.

Luftpumpen.

Luftpumpe von Robert Gill.*) Bei dieser Pumpe, welche in Figur 18 im Verticaldurchschnitt dargestellt ist, wird der Raum zwischen Cylinder und Kolben mit einer nicht verdunstenden Flüssigkeit, Oel, gefüllt und diese bedeckt auch alle Dichtungen und Verbindungen. Auf solche Weise werden die Uebelstände vermieden, welche bei anderen Luftpumpen durch den schädlichen Raum herbei geführt werden. Es ist dies eine Idee, die schon vor längerer Zeit bei Luftcompressionsmaschinen realisirt worden ist. Eigenthümlich ist der Gill'schen Pumpe ferner die Einrichtung des Cylinderdeckels, durch welche der Kolben dem Einflusse des Atmosphärendruckes entzogen wird. Wie die Figur zeigt, hat der Cylinderboden a die Form einer Glocke und ragt in den Pumpenstiefel b hinein, so daß zwischen beiden ein ringförmiger Raum frei bleibt. Im oberen Theiles des Bodens ist das Ventil c angebracht, durch welches das Rohr d, das mit dem auszupumpenden Gefäße in Verbindung steht, abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. Das Ventil trägt eine Spindel mit dem Kupferkolben e, welcher in der hohlen Stange f des großen Kolbens g mit einiger Reibung gleitet. In Folge dessen öffnet oder schließt sich das Ventil beim Auf- oder Niedergange des Kolbens. Da aber, wie nachher gezeigt werden wird, dieses Ventil während eines Theiles des Kolbenaufganges geschlossen bleiben muß, so ist eine spiralförmige Feder an dem Ventile angebracht, welche dasselbe eine Zeit lang niederdrückt bis der Kolben hinlänglich hoch gehoben ist. Der Hauptkolben schließt sich der Form des Cylinderbodens a an. In seinen oberen Theil ist

*) Revue industrielle, déc. 1874, p. 419. Polytechn. Centralbl. 1875, p. 161.

Fig 18.



die Kolbenstange f eingeschraubt, welche mittels eines Ansatzes die Kupferscheibe h festhält, die eine Reihe von Durchbohrungen im obern, ebenen Theile des Kolbens bedeckt. Damit nicht durch eine Compression der Luft im obern Theile der hohlen Kolbenstange dem Kolben e entgegengearbeitet werde, ist der letztere am Rande mit verticalen Fugen versehen, welche der Luft den Durchgang von der einen Seite zur andern gestatten. Die kleine Kolbenstange füllt übrigens die Oeffnung, durch welche sie aus dem Deckel des großen Kolbens heraustritt, nicht vollständig aus, was einer kleinen Menge Luft den Durchgang gestattet. Auf dem Cylinderdeckel ist das automatisch sich öffnende Ventil i, zur größern Beweglichkeit in einem Gefäß mit Oel, angebracht.

Um die Pumpe in Thätigkeit zu setzen, hebt man sie zunächst von dem Boden a ab, stößt den Kolben g tief nieder und läßt, indem man den Hahn l öffnet, aus dem Rohre k Oel in den Cylinder treten, bis der Raum über dem Kolben theilweise damit gefüllt ist. Dann zieht man den Kolben zurück, schließt l und setzt den Cylinder auf den Boden auf, worauf der Apparat arbeitsfähig ist. Beginnt der Kolben g seinen Aufgang, so wird das Ventil c durch die Spiralfeder zunächst geschlossen gehalten, damit nichts von dem Oel unter dem Kolben in das Rohr d tritt; wenn aber g genügend hoch steht, so hat sich das Niveau des Oeles erniedrigt, die Feder tritt nun außer Wirksamkeit und c hebt sich, wie es die Figur darstellt. Es dringt jetzt Luft aus dem Recipienten durch das Rohr d in den völlig luftleeren Raum zwischen a und g, die Luft oberhalb g wird durch das Ausblaseventil i ausgetrieben. Ist der Druck oberhalb g stärker als unterhalb, so wird eine geringe Menge Oel durch den Zwischenraum der kleinen Kolbenstange und der Bohrung von g in den Raum unterhalb g gepreßt.

Da während des ganzen Kolbenlaufes der untere Theil von g immer in Oel taucht, so kann keine Luft zwischen Cylinder und Kolben treten.

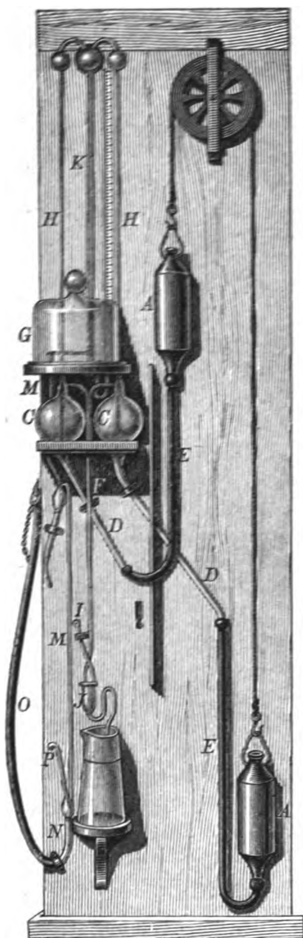
Beim Niedergange von g wird alle unterhalb g befindliche Luft durch den Zwischenraum, den die kleine Kolbenstange läßt, ausgetrieben, während das Saugventil c gleich mit Beginn des Niederganges geschlossen wird.

Weil Kupfer und Bronce schnell angegriffen werden, empfiehlt sich Eisen zur Herstellung der Pumpe.

Quecksilberluftpumpe von Las Marismas.*) Zwei gußeiserne Gefäße AA (Fig. 19) sind an den Enden einer über eine Rolle laufenden Schnur aufgehängt, so daß sie sich das Gleichgewicht halten. Sie sind mit Quecksilber gefüllt und stehen durch Glasröhren D und Kautschukröhren E mit den Glasballons CC in Verbindung. Wird eines dieser Gefäße in die Höhe gehoben, so fließt das Quecksilber in den damit communicirenden Ballon und treibt die Luft durch die oben

*) Comptes rendus, 1874 sept. 21, p. 676; Dingler's polytechn. Journ. Bd. 214, S. 220.

Fig. 19.



angeschmolzene Capillarröhre J hinaus; ist das andere Gefäß um mehr als 76 Centimeter gesunken, so fließt aus dem Ballon das Quecksilber aus und es entsteht hier ein luftleerer Raum. Die Glasballons communiciren wieder mit dem Recipienten G durch Glasröhren H, welche bis nahe auf den Boden der Ballons reichen. In Folge dieser Anordnung werden diese Röhren von selbst abgesperrt, sobald Quecksilber in die Ballons tritt. Andererseits ist ein Zurückströmen der Luft in die Ballons durch die Cappillarröhren nicht möglich, weil dieselbe, um durch den Tubulus I zu entweichen, ihren Weg durch eine dünne, in dem gebogenen Rohre J enthaltene und die untere Mündung der Capillarröhre abschließende Quecksilberschicht nehmen muß. Entsteht nun im Ballon ein Vacuum, so steigt Quecksilber in die Capillarröhre und verhindert den Zutritt der Luft.

Will man die im Recipienten enthaltene Luft sammeln, so muß man die Tubulatur mit dem betreffenden Behälter verbinden.

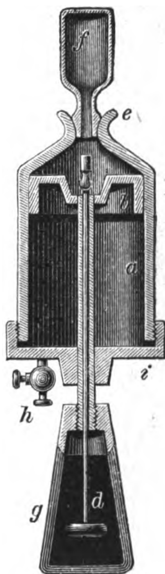
Zur Messung der Luftverdünnung dient das Barometer K, welches mit dem Recipienten correspondirt.

Den Luftzutritt vermittelt die Röhre M, welche einerseits mit dem Recipienten communicirt, andererseits in das Quecksilber taucht, welches in

dem gebogenen Rohre N enthalten ist. Durch Heben und Senken des Kautschukrohres O wird das Ende von M nach Belieben entblößt und dadurch das Quecksilberniveau geändert, wodurch der Luftzutritt zum Recipienten bis auf 1 Millim. genau regulirt wird. Um mit einem beliebigen Gase zu experimentiren, hat man den betreffenden Gasbehälter mit der Tubulatur P in Verbindung zu setzen.

Als Vorzüge dieser Pumpe werden gerühmt: billiger Preis (36 Franken), leichte Ingangsetzung, rasche Arbeit. Bei 6 Liter Inhalt des Recipienten erhält man in 4 Min. eine Luftverdünnung, die bis 1 Mm. geht. Ferner kann man die entweichende Luft leicht auffsammeln, sowie beliebige Gase bei ungefähr 1 Mm. Druck dem Recipienten zuführen.

Fig. 20.



Ein einfacher Apparat zum Auspumpen von Flaschen ist in Figur 20 dargestellt. *) Die Einrichtung ist derart getroffen, daß man die mit Wasser gefüllte Flasche mit der Mündung unter Wasser tauchen, in dieser Stellung das Wasser auspumpen und so die Flasche luftleer machen kann. Man benutzt dazu einen Cylinder a mit Kolben b, durch dessen hohle, mit der Handhabe g versehene Kolbenstange ein Stängelchen d hindurch geht, mit dessen Hilfe der Stöpsel aus der Flasche gezogen und wieder auf dieselbe gesetzt wird.

Das Verfahren selbst ist folgendes. Man giebt dem Cylinder a die umgekehrte Stellung von der in der Figur angegebenen, schiebt den Kolben so tief als möglich auf den Boden, schraubt den Deckel i ab, füllt den Cylinder mit Wasser, schraubt den Deckel wieder auf, öffnet den Hahn h und zieht den Kolben soweit in die Höhe, daß Wasser durch h austritt. Dann ist alle Luft zwischen b und i entfernt. Nun kehrt man den Apparat um, befestigt ihn in der

*) Scientific American, August 1874, p. 75.

in der Figur angegebenen Stellung und gießt durch die Oeffnung e Wasser bis zum Ueberfließen ein. Die luftleer zu machende Flasche wird dann mit Wasser gefüllt, verstöpselt und gestürzt in die Oeffnung e dicht eingesteckt. Dann nimmt man den Stöpsel mittels des Stängelchens d aus der Flasche und zieht bei offenem Hahne h den Kolben b so lange herab, bis das dem Kolben folgende Wasser aus der Flasche entfernt ist. Hierauf wird der Stöpsel wieder aufgesetzt.

Barometer.

Ein Variationsbarometer, welches beinahe unbegrenzte Empfindlichkeit besitzt, fast mit keiner Reibung behaftet ist, nur einer einzigen, ohne Zeitverlust anzustellenden Beobachtung bedarf und ein so geringes Trägheitsmoment hat, daß es den Schwankungen des Luftdruckes im Bruchtheil einer Secunde folgt, hat F. Kohlrausch auf folgende Weise hergestellt.*)

Der luftleere Metallring eines Bourdon'schen Aneroides ist einerseits an einem Halter festgeschraubt, während das freie Ende mit seinem abgerundeten Vorsprunge an ein Spiegelchen in Metallrahmen stößt, welches an kleinen Stahlfedern (Streifchen Pendelstahl) aufgehängt ist. Der Spiegel muß bei niedrigstem Barometerstande noch sicher an dem Vorsprunge anliegen. Zur raschen Beruhigung von Vibrationen dient ein angelötheter kleiner Flügel, der in ein Gefäß mit Glycerin untertaucht. Die Beobachtung erfolgt, nachdem das Instrument auf einem Wandstativ fest aufgestellt worden, mit Fernrohr und Vertical-Scala auf gewöhnliche Art.

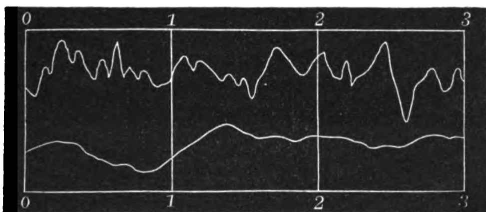
Kohlrausch hat seine Scala etwa 3 Meter vom Spiegel entfernt angebracht und es entsprechen 25 Scalentheile etwa 1 Millim. des Quecksilberbarometers. Rasches Oeffnen oder Schließen der Thür in einem Beobachtungsraume von etwa 300 Cubikmetern bewirkt schon eine Bewegung des Bildes um 2 bis 3 Scalentheile.

Die mit diesem Barometer angestellten Beobachtungsreihen zeigen, daß der Luftdruck selten auch nur kurze Zeit constant

*) Poggend. Ann. Bd. 150, S. 423; Carl's Repertorium X, S. 85.

bleibt. Meistens finden die Aenderungen, bis auf sehr kleine Schwankungen, stetig statt. Anders zu Zeiten bewegter Luft, wo die Schwankungen, wenn auch an sich klein, rasch in entgegengesetzter Richtung auf einander folgen, wie die beistehende Figur 21 erkennen läßt. Die obere Curve giebt d. Gang während dreier Minuten am 26. Feb. 1873 an, einem stürmischen Tage; die Notirungen erfolgten von 3 zu 3 Sec. Die untere Curve ist aus Beobachtungen während eines mäßigen Hagelschlages am 30. Mai gewonnen. Die ganze Höhe der Figur entspricht einem Mm. Quecksilber.

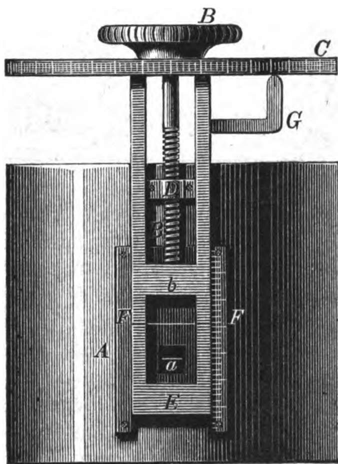
Fig. 21.



Kohlrausch hat im Sommer während heftiger Gewitter beobachtet; aber nie war ein Zusammenhang der Schwankungen mit Blitzschlägen erkennbar.

Aneroid von Weilenmann.*) Dasselbe ist ähnlich dem Goldschmid'schen (s. dieses Jahrb. VII, S. 67), wie bei diesem ist die Hebelübersetzung ersetzt durch eine mikrometrische Vorrichtung. Bei dem Goldschmid'schen Aneroid drückt aber die Mikrometerschraube gegen die Dose und tritt der Aufblähung derselben hindernd in den Weg; es ist daher erforderlich, nach jeder Ablesung die Schraube her-

Fig. 22.

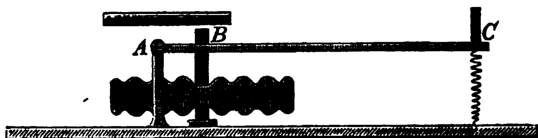


*) Zeitschr. der österr. Gesellsch. f. Meteorologie, 1874, S. 171.

auszudrehen, sobald eine Abnahme des Luftdruckes zu erwarten ist. Vergißt man diese Manipulation, so kann das Instrument verdorben werden. Diesen Uebelstand vermeidet die Weilenmann'sche Anordnung. In der Büchse A, Fig. 22, befindet sich die luftleere Dose, auf deren Deckel ein horizontaler Arm angebracht ist, dessen mit einer horizontalen Marke a bezeichnete Endfläche sich in einem Schlitz der Dose parallel zu deren Achse bewegt. Auf die Marke a wird mittels der Mikrometerschraube B, die mit einer getheilten Trommel C versehen ist, der horizontale Faden b eingestellt, welcher an einem zwischen den Schienen FF verschiebbaren Schlitten E angebracht ist. Die Ablesung erfolgt an der Scala auf einer der Schienen F und am Index G vor der Trommel. Der Deutlichkeit wegen ist der Mikrometerapparat in der Figur zu groß gezeichnet.

Aneroid, System Reitz, aus der Fabrik von R. Deutschbein in Hamburg.*) Das Princip dieses Instrumentes stellt die schematische Skizze Fig. 23 dar. Die luftleere Dose greift

Fig. 23.



an dem einarmigen Hebel ABC im Punkte B an, während das Ende C durch eine starke Spiralfeder angezogen wird; dabei ist AB gleich $^1/_{10}$ von AC. Bei C befindet sich die Scala, welche photographisch hergestellt und 3 Millimeter lang ist; das Millimeter ist direct in 100 Theile getheilt, Tausendstel Millimeter können noch geschätzt werden. Die Ablesung erfolgt mittels Mikroskop.

Versuche über die Genauigkeit dieses Instrumentes sind von Prof. Jordan in Karlsruhe angestellt worden**), welcher dasselbe mit je einem Aneroid von Naudet und von

*) F. H. Reitz. Ueber die Ausführung von Höhenmessungen mit dem Aneroidbarometer, System Reitz. 1874.
**) Zeitschrift für Vermessungswesen, 1874, 364.

Goldschmid und mit einem Quecksilberbarometer bei Höhenmessungen verglichen hat. Dabei hat sich nun allerdings das Naudet'sche Instrument weit besser gezeigt, als die neue Construction, doch sind diese Versuche noch nicht abgeschlossen und „wahrscheinlich würden“, wie Dr. Paul Schreiber in Chemnitz bemerkt*), „die Angaben des Reitz'schen Aneroides richtiger ausfallen, wenn die Temperaturen nicht linear; sondern mindestens mit einem quadratischen Gliede in Rechnung gebracht würden.“

Am a. O. beschreibt Schreiber auch einen

Apparat zur Prüfung von Aneroiden ohne Luftpumpe. Das Aneroid wird in einen gußeisernen Kasten von passender Form gebracht, der oben durch eine Glasplatte geschlossen und mit zwei Hähnen versehen ist. Mit dem einen Hahne ist ein Manometer oder Barometer verbunden, der andere stellt die Verbindung mit der atmosphärischen Luft her. Man öffnet nun zuerst den letzterwähnten Hahn und stellt das Gefäß in Wasser, welches erwärmt wird. Dadurch erhält man eine Beobachtungsreihe bei nahezu constantem Druck aber steigender Temperatur. Wenn die Temperatur auf etwa 50° gestiegen ist, so schließt man den Hahn und läßt langsam erkalten. Dies giebt eine zweite Beobachtungsreihe bei abnehmendem Druck und abnehmender Temperatur. Man kann die Abkühlung bis auf — 20° treiben entweder durch Benutzung einer Frostmischung oder indem man die Beobachtungen an einem kalten Wintertage anstellt. Läßt man nun etwa bei — 10° langsam Luft eintreten, so bekommt man eine dritte Reihe bei zunehmendem Drucke und constanter niedriger Temperatur. Erwärmt man bei geschlossenem Hahne, so ergiebt sich eine vierte Reihe bei zunehmendem Drucke und zunehmender Temperatur. „Bei dem praktischen Gebrauch wird man einfach das Instrument bei hoher Temperatur absperren und möglichst luftdicht abschließen. Hierauf wird man das Instrument eine Zeit lang in warmer Luft stehen lassen, dann heraus in die Winterkälte bringen, wieder einige Tage stehen lassen, wieder in die Kälte bringen 2c. Beobachtungen des Barometers, des Manometers,

*) Dinglers Journ. Bd. 215, S. 36.

des Aneroides und der Temperatur desselben geben die Daten zur Berechnung der Constanten in der Reductionsformel.“

Diese Formel schlägt Schreiber in der Gestalt

$$\begin{aligned} B - B_0 = {} & c_1 a + c_2 a^2 + c_3 a^3 + \dots \\ & + d_1 \tau + d_2 \tau^2 + d_3 \tau^3 + \dots \\ & + e_1 T + e_2 T^2 + e_3 T^3 + \dots \\ & + f_1 a\tau + f_2 aT + f_3 \tau T + \dots \\ & + g_1 a^2 \tau + g_2 a^2 T + \dots \end{aligned}$$

vor; dabei sind B_0 und B die auf 0^0 reducirten Barometerstände zur Zeit T_0 und zur Zeit T, $\tau = t - t_0$, t_0 die Temperatur des Aneroides zur Zeit T_0, t diejenige zur Zeit T, $a = A - A_0$, A_0 die Aneroidablesung zur Zeit T_0, A diejenige zur Zeit T; die Größen c, d, e, f, g endlich werden mittels der Methode der kleinsten Quadrate aus den Beobachtungen berechnet.

Akustik.

Tonapparate der Insekten.

Zu den schon mehrfach in diesem Jahrb. erwähnten Untersuchungen von Landois hat B. G. Haller in Bern eine ergänzende Arbeit geliefert*)

Was zuerst die Tonapparate der Käfer (Coleoptera) anlangt, so kennt man diejenigen der Longicornier (Bockkäfer), der Elateren, Geotrupiden und Necrophoriden schon hinlänglich (vergl. Jahrg. VII. dieses Jahrb. S. 105).

Den Apparat der Gattung Crioceris hat Haller genauer untersucht. Da ein zirpendes Lilienhähnchen seinen Kopf gerade so auf und ab bewegt, wie wir dies bei einem Bockkäfer sehen, so dürfen wir annehmen, daß bei beiden die Tonapparate an demselben Orte verborgen sind. Nun befindet sich der Tonapparat der Bockkäfer auf dem in die Höhlung des Prothorax hineinragenden Fortsatze des Mesothorax und er besteht nach Landois aus einem messerscharfen, feinen Leistchen und einer Menge querer Rillen. Aehnlich bei Crioceris.

*) Ueber einige bis jetzt weniger bekannte Tonapparate der Insekten. „Der zoologische Garten“, herausgeg. von Dr. F. C. Noll. XV. Jahrg. (1874), S. 106 u. 223.

Hier verlängert sich ebenfalls der Mesothorax vor dem Schildchen; nur ist der Fortsatz nicht kegelförmig erhaben, sondern hat die Form eines länglichen Viereckes, das vorn stark dreieckig ausgeschnitten ist. Diesen schwach erhabenen Fortsatz theilt eine kleine longitudinale Leiste in zwei symmetrische Hälften, von denen jede für sich ziemlich regelmäßig granulirt ist. Der Prothorax ist beweglich und trägt nach innen zu an seinem äußersten hintern Rande ein erhabenes sehr feines Querleistchen, das in der Mitte einen Ausschnitt für die Längsleiste des Mesothorax besitzt. Reiben nun die erwähnten Theile übereinander hin und her, so entsteht ein zwar leiser, aber hörbarer Ton, der indessen nur dann hervortreten wird, wenn die sich reibenden Flächen völlig unbehaart sind. Dem entsprechend finden wir denn auch bei den übrigen Arten der Gattung Crioceris einen ähnlichen Apparat, ebenso bei den Donaciden; da derselbe aber mit feinen Härchen besetzt ist, so wird die feine Entwickelung des Tones gehemmt.

Einen ähnlichen Tonapparat, wie ihn Landois von Anobium pertinax beschrieben, besitzen auch A. tesselatum, striatum und carpini, sowie Mycterus curculionides. Von letzterem erzählt Lacordaire: „Die Männchen schlagen ihr Hinterleibsende auf Holz, auf welches sie sich niedergelassen, mit solcher Heftigkeit nieder, daß da ein ziemlich lauter Ton entsteht.

An den Tonapparat der Necrophoriden schließt sich derjenige von Pelobius Hermanni an, den Burmeister unter den Insekten anführt, die durch Reiben einen Ton erzeugen. Auch Imhoff sagt, daß dieser Käfer seinen Ton durch Zirpen mit den Flügeldecken und dem Hinterleibe hervorbringe. Diese Lautäußerung wäre um so merkwürdiger, als es die einzige bei Wasserkäfern bekannte sei, die durch einen eignen Tonapparat zu Stande käme.

Aehnlich wie die Geotrupiden bringen auch nach Latreille die Pimelien durch Reiben der Beine gegen einander oder gegen den Körper einen Laut hervor. Burmeister erwähnt als hierher gehörig auch Copris lunaris und Trox sabulosus.

Auch Cychrus und einige Curculioniden, wie Cryptorhynchus lapathi und verschiedene kleine Ceutorrhynchen zirpen nach Imhoff durch Reiben der Flügeldecken am Hinterleibe. Von Heterocerus erwähnt derselbe, daß der Ton her-

vorgebracht werde, indem die Hinterschenkel mit einer erhabenen Längsleiste ihrer Innenseite über eine Leiste der ersten Bauchplatte streichen, was ganz ähnlich wie bei den Geotrupiden ist.

Aus der Familie der Geradflügler (Orthoptera) erwähnt Landois besonders die Acrididen, Lucustiden und Achetiden; letztere mit doppeltem Apparate, einem gewöhnlichen Tonapparate und einem verkümmerten, nach Analogie des betreffenden Organes bei den Cicaden gebauten Stimmapparates.

Bei den Acridien wird der zirpende Ton zur Begattungszeit von den Männchen durch Reiben der Hinterschenkel an den Flügeln hervorgebracht. Erstere haben eine mit beweglichen Zähnchen besetzte hervorragende Ader, der an den Flügeln eine scharfkantige erhabene Längsader entspricht. Die Zahl der Zähnchen auf der Schenkelader wechselt zwar ungemein, doch betrachtet es Haller als eine Abnormität, daß er einmal bei Stenobothrus viridis auf der einen Seite 98, auf der anderen aber gar keine Zähne fand. Bei der Gattung Tetrix sind nun die Flügeldecken verkümmert. Der leise zirpende Ton der Männchen kommt hier auf etwas andere Weise zu Stande, nämlich durch Reibung der Hinterschenkel an den Seiten der Verlängerung des Halsschildes. Bei mikroskopischer Beobachtung fand Heller alle inneren Adern des Schenkels mit kammförmig zurückgebogenen Zähnen versehen, außerdem aber die Innenseite der Schenkel noch mit einer Menge kleiner Wärzchen besetzt; das verlängerte Halsschild dagegen trägt eine Menge unregelmäßiger, kleiner Vertiefungen. Die Hauptrolle bei der Tonerzeugung spielen jedenfalls die gebogenen Zähne.

Einige wenige Acrididen, wie Oedipoda coerulescens, Stenobothrus apricarium, haben statt der gezähnelten Schenkelader eine glatte erhabene Leiste mit sehr wenigen, unvollkommenen Zähnchen; dies hat einen weit gedämpfteren Ton zur Folge

Andern fehlt der Apparat ganz und sie erzeugen auf andere Weise einen Laut. So benutzt Pachytylus stridulus seine Oberflügel nicht während des Fluges, sondern hält sie aufrecht, während die Unterflügel sich auf und ab bewegen. Jedesmal nun, wenn sie mit den stark entwickelten Adern der letzteren an die Oberflügel schlagen, hört man ein klapperndes Geräusch. Steteophyma grossa streift mit den Spitzen der hinteren Schienbeine am obern Rande der harten Flügeldecken hin und

schnellt sie dann am Ende jedesmal ab. Dadurch entsteht das eigenthümliche Knipsen, das man im Sommer auf abgemähten Wiesen häufig hört. Eine Menge ähnlicher Beobachtungen bringt Siebold.

Unter den Schmetterlingen haben Tonapparte: Euprepià, Orthosia, Vanessa Jo; allgemein bekannt ist nur der Ton von Acherontia Atropos, dem Todtenkopf. Auch die Raupe dieses Schwärmers soll nach Meigen einen Ton von sich geben können, doch hat Haller dies nie beobachten können.

Auch in der Familie der Hymenopteren giebt es nur wenige Arten mit Tonapparat, und dieser ist nur unvollständig bekannt. So wird von einigen exotischen Formiciden berichtet, daß sie nach Art der Anobien einen Ton erzeugen durch Anschnellen ihres Kopfes gegen eine harte Unterlage. Burmeister giebt ferner an, daß Mutillen, wie Mutilla europaea beim Berühren einen Ton hören lassen.

Dipteren und Hymenopteren, bei denen sehr vollkommene Stimmäußerungen auftreten, erzeugen auch beim Fliegen durch Schwingen ihrer Flügel einen Ton, welchen Landois den Flugton genannt hat. Derselbe hat außerdem gefunden, daß die Fliegen der Gattung Stratiomys im Fluge ein knarrendes Geräusch durch Reibung der Flügelkölbchen an den Flügelwurzelgelenken hervorbringen.

Bei den Neuropteren treten ebenfalls die Tonapparate zurück gegen die Stimmäußerungen. Außer dem Flugton der Libelluliden, den Landois dem leisen Knistern des Schilfes täuschend ähnlich fand, findet man bei den einheimischen Neuropteren nur noch bei der Bücherlaus, Troctes pulsatorius, einen hörbaren Ton. Da dieses Insekt nur 3/4 Linie groß ist, so hat man den ziemlich lauten Ton oft einem Käfer (meist dem Anobium pertinax) zugeschrieben. Haller hat sich aber durch genaue Beobachtung überzeugt, daß in der That die Bücherlaus durch Erheben und Wiederfahrenlassen des Kopfes und der mächtigen Kiefer den klopfenden Ton erzeugt. Aehnliches berichtet Smeathman von einigen Termitenarten. Werden dieselben beunruhigt, so schlagen sie mit ihren Rüsseln auf die äußeren Theile ihrer Gebäude und erzeugen so einen lauten Ton, den die anderen 4 bis 5 Fuß weit hören und herbeikommen.

In der Familie der Hemipteren treffen wir bei den Cicaden sehr complicirte Stimmaparate, Tonapparate aber sind nur bei Nabis subaptera und Reduvius personatus bekannt. Burmeister giebt an, daß dieselben bei der Berührung Töne von sich geben, und zwar unter Bewegungen des Kopfes; wahrscheinlich werden dieselben also durch Reiben des Hinterkopfes am Prothorax erzeugt. Haller hatte mehrfach Gelegenheit den leisen, an das Piepen der Lilienhähnchen erinnernden Ton der gemeinen Schreitwanze zu beobachten. Der Hals dieses Thieres, der am obern hintersten Rande ein sehr scharfes Leistchen trägt, verlängert sich etwas unter den schildförmigen flachen Prothorax und zwar bis zu einer Stelle, die sich durch eine verhältnißmäßig breite Leiste auszeichnet. Von dieser Halsleiste bis an den vordersten Rand gehen eine Zahl sehr feiner Querrillen. Sowohl diese, als auch die scharfe Leiste sind viel feiner als bei den Käfern, was die größere Höhe und geringere Stärke des Tones bedingt.

Eine umfassende Darstellung der Untersuchungen über diesen Gegenstand giebt Landois in dem Werke: Thierstimmen. Mit 66 Holzschn. Freiburg i. Br. 1874.

Töne der Wasserfälle.

Bei seinen Ausflügen ins Gebirge hat Albert Heim*) durch sachverständige Musiker die Töne bestimmen lassen, welche die Wasserfälle durch das Aufschlagen auf Steine oder auf größere Wassermassen erzeugen. Man erhielt immer dieselben Töne, nur in verschiedenen Octaven. Vorherschend ist stets daß tiefe F, das man als dumpfen, wie aus großer Ferne kommenden Ton hört, und zwar um so stärker, je größer die stürzenden Wassermassen sind. Man hört ihn noch hinter einer Bergecke oder hinter dichtem Walde und in Entfernungen, wo die übrigen Töne nicht mehr wahrnehmbar sind. Neben dem F tritt noch der C-Dur-Accord CEG auf, aber minder stark, nur wie ein schön klingendes Geräusch; am meisten tritt E zurück. Bei kleinen Wassern hört man dieselben Töne 1, 2, auch 3 Octaven höher; andere Töne sind nicht beobachtet worden.

*) Verhandlungen der naturforsch. Gesellsch. zu Schaffhausen. Jahrg. 1873.

Bestimmung der absoluten Schwingungszahlen der Töne.

Die Methoden, welche man anwendet, um die Schwingungszahlen von tönenden Körpern zu ermitteln, kann man in drei Gruppen eintheilen: in graphische, akustische und optische.

Die zuerst von Wilh. Weber 1830 angegebene graphische Methode, bei welcher ein an dem schwingenden Körper angebrachter Schreibstift (eine zarte Stahlfeder, ein Glasfaden oder dergl.) die Schwingungen auf eine Fläche aufzeichnet, ist zwar die directeste, aber auch die roheste. Denn jedenfalls haben die Länge und Elasticität des Schreibstiftes, der Druck desselben gegen die fortrückende Schreibfläche, die Dicke der Rußschicht und zufällige Unebenheiten auf dieser Fläche Einfluß auf die Genauigkeit des Resultates.

Unter den speciell akustischen Methoden ist am bekanntesten die Benutzung der Sirene. Da es indessen schwer ist, den Ton der Sirene längere Zeit constant zu erhalten, so bietet dieselbe keine so große Genauigkeit, als man denken könnte. Am genauesten ist das von Scheibler angegebene Verfahren, bei welchem ein bestimmtes Intervall, gewöhnlich die Octave, mittels einer größeren Anzahl von Hilfsstimmgabeln in so kleine Intervalle zerlegt wird, daß man die Anzahl der Schwebungen zwischen je zwei auf einander folgenden Gabeln bequem zählen kann. Dieses Verfahren ist zwar ziemlich genau, aber sehr mühsam.

Unter den optischen Methoden ist die Benutzung des Lissajous'schen Mikroskopes am bekanntesten. Zunächst giebt das Verfahren, dessen Princip hier kurz in Erinnerung gebracht werden mag, nur das Verhältniß der Schwingungszahlen zweier Stimmgabeln an. Jede dieser Gabeln ist am Ende einer Zinke mit einem kleinen Spiegel versehen; ein Lichtstrahl fällt auf den Spiegel der ersten Gabel, wird von hier nach dem der zweiten Gabel reflectirt und geht nach abermaliger Reflexion durch eine Convexlinse. Wenn die Gabeln schwingen erblickt man dann auf einem jenseits der Linse aufgestellten Schirme in Folge der längeren Dauer des Lichteindruckes eine helle Linie. Schwingt z. B. die eine Gabel in einer horizontalen, die andere in einer verticalen Ebene, und giebt erstere die obere Octave der letzteren an, so zeigt die Curve in verticaler Richtung ein Maximum, in horizontaler Richtung aber zwei Maxima. Ueber=

haupt ist das Verhältniß der Zahlen der Maxima, welche die Curve in beiden Richtungen hat, gleich dem Verhältniß der Schwingungszahlen beider Gabeln. Bei genaueren Beobachtungen stellt man die Figuren nicht mehr objectiv auf einem Schirm dar, sondern betrachtet sie durch ein Mikroskop, dessen Objectiv an der zweiten Gabel angebracht ist, also deren Oscillationen mit macht, während das Ocular feststeht. Statt der ersten Gabel kann man dann auch irgend einen anderen schwingenden Körper benutzen, auf welchem man sich durch helle Beleuchtung einer bestimmten Stelle einen Lichtpunkt verschafft hat.

Lissajous selbst hat darauf hingewiesen, daß man diese Methode mit Zuhilfenahme des Scheibler'schen Principes zur Bestimmung der absoluten Schwingungszahlen benutzen kann. Wenn man nämlich die Mikroskop-Gabel des Lissajous'schen Apparates mit ein Paar anderen Gabeln vergleicht, die mit ihr nahezu im Einklange sind und die Stöße zählt zwischen diesen beiden Gabeln und jeder von ihnen mit der Gabel des Apparates, so erhält man die Gleichungen, aus denen man die absoluten Schwingungszahlen der drei Gabeln berechnen kann. Die nach dieser Methode von Lissajous an einer Gabel von etwa 64 Schwingungen angestellten Messungen weichen jedoch um mehr als 0,3 Doppelschwingungen von einander ab und geben also nur eine angenäherte Bestimmung.

Auf einer Verbindung der Methoden von Lissajous und Scheibler beruht auch das neuerdings von A. Terquem in Lille angegebene Tonometer.*) Derselbe ließ sich von König in Paris vier Stimmgabeln fertigen, die mit Läufern versehen sind und am Ende einer ihrer Zinken eine kleine biconvexe Linse tragen, die als Objectiv dient. Diese Gabeln können nach einander auf demselben Gestell befestigt werden, welches das Ocular trägt. Durch Verschiebung der Läufer kann man auf diesen Gabeln alle Töne zwischen c (128 Doppelschwingungen) und c' erhalten, wobei immer einige Töne zwei auf einander folgenden Stimmgabeln gemeinschaftlich sind. König hat diese Gabeln so getheilt, daß eine Verschiebung des Laufgewichts um den Zwischenraum zweier Striche eine Aenderung

*) Comptes rendus, 1874 janv. 12, p. 125; Poggend. Ann. Bd. 152, S. 158.

der Tonhöhe um zwei Doppelschwingungen bewirkt. Diese Gabeln sind die **Hauptstimmgabeln**.

Außerdem gehören zum Tonometer noch **Hilfsstimmgabeln**, die keine Theilung haben, aber durch Verschiebung von Laufgewichten auf alle Töne zwischen c und c[1] gestimmt werden können.

Die erste Haupt- und die erste Hilfsstimmgabel werden auf passenden Gestellen, vor einander, in derselben Horizontalebene und unter rechtem Winkel aufgestellt; überdieß geschehen die Schwingungen der Hauptstimmgabel, die als Vibroskop dient, wie gewöhnlich, in einer Verticalebene, während die Hilfsgabel in einer Horizontalebene schwingt.

Um die Curven, welche aus der Coëxistenz der beiden gegen einander rechtwinkligen Schwingungsbewegungen entstehen, leicht auf dem Endquerschnitt einer der Zinken der Hilfsstimmgabel wahrnehmen zu können, sind dort mit Gummi einige Flitterchen fein gepulverten Antimons befestigt, dessen Facetten bei schiefer Beleuchtung mittels Lampe und Linsen Lichtpunkte von großem Glanze und äußerster Feinheit bilden. Nachdem man den Läufer der Hauptgabel auf den ersten Strich der Theilung gestellt hat, bringt man die Hilfsgabel mit ihr genau in Einklang, indem man den Läufer derselben verschiebt und zuletzt kleine Stückchen Wachs an demselben befestigt; man richtet sich hierbei nach den Transformationen der aus der Coëxistenz der Schwingungen entstehenden elliptischen Curve und hört auf, wenn sich dieselbe langsam verkleinert ohne ihre Form zu ändern.

Hierauf verschiebt man den Läufer der Hauptgabel, bis man jede Secunde etwa eine Schwebung erhält und bestimmt mittels eines Zählers genau die Dauer von wenigstens 50 Schwebungen unter Beobachtung der Oscillationen der elliptischen Curven. Unter günstigen Umständen soll die Gesammtdauer von 50 Schwebungen bei mehreren Bestimmungen nur um kaum $1/2$ Secunde schwanken, was 0,01 Sec. für jede Schwebung giebt. Hierauf verschiebt man den Läufer der Hilfsgabel, bis Einklang hergestellt ist, was man an der Unveränderlichkeit der erzeugten Curve erkennt. Man stellt dann den Läufer der Hauptgabel auf den zweiten Strich der Theilung und bestimmt aufs Neue die Anzahl der Schwebungen. Auf

diese Weise fährt man mit der successiven Verschiebung der Läufer der Stimmgabeln fort, bis man zu einem von c entfernteren Tone, z. B. e gelangt, der mit c eine ziemlich einfache akustische Curve (4:5) giebt. Ist nun die Hilfsgabel auf e gebracht, so führt man den Läufer der Hauptgabel auf den ersten Theilstrich (c) zurück und prüft, ob der Ton e ganz richtig ist; sollte eine Abweichung vorhanden sein, so bestimmt man sie aus der Dauer der Oscillationen der akustischen Curve. Die Gesammtzahl der Schwebungen in der Secunde, welche man beim successiven Verschieben der Läufer beobachtet hat, giebt den Unterschied der Schwingungszahlen der Töne c und e, deren Verhältniß man aus der Beobachtung der Curve kennt. Daraus berechnet man dann die Schwingungszahlen.

Auf diese Art fährt man fort, bis man zu c^1 gelangt, wobei man zahlreiche Merk- und Prüfpunkte in einfachen Intervallen, wie Quarte, Quinte, Sexte &c. antrifft. Man findet dann endlich für jeden Strich der Theilung auf der Hauptstimmgabel die absolute Schwingungszahl.

Ist das Vibroskop-Tonometer einmal construirt und geprüft, so reicht es zur Bestimmung der Höhe irgend eines Tones hin, eine der Hauptstimmgabeln neben dem vibrirenden Körper aufzustellen, so daß seine Vibrationen auf denen der Gabel rechtwinklig sind. Einige Flimmerchen von Antimonpulver dienen zur Herstellung von Lichtpunkten auf dem Körper, sei derselbe nun ein Stab, eine Platte, eine Saite &c., oder selbst die Membran eines Phonautographen. Sodann verschiebt man den Läufer bis man eine Curve von wohl erkennbarer Form, also einfachem Schwingungsverhältniß, erhält.

Terquem beabsichtigt, mit diesem Tonometer die Untersuchung der Schwingungen starrer Körper, besonders der Platten, mit mehr Genauigkeit als bisher möglich war, durchzuführen, um womöglich die Frage aufzuhellen, wie der Ton in Körpern fortgepflanzt wird, die wenigstens zwei Dimensionen von gleicher Größenordnung haben.

Eine andere *Methode zur Bestimmung der absoluten Schwingungszahl eines Tones*, welche *Fr. Poske**) bei einer Arbeit im physikalischen Institute des

---

*) Poggend. Ann. Bd. 152, S. 448.

Geh. Raths Kirchhoff in Heidelberg angewandt hat, gründet sich auf das Princip der stroboskopischen Scheibe. Stellt man ein feststehendes Mikroskop auf einen Lichtpunkt ein, der sich an einem schwingenden Körper befindet, so wird man während der Schwingungen den Lichtpunkt in eine leuchtende Linie ausgezogen sehen. Bringt man aber zwischen den Lichtpunkt und das Mikroskop eine mit Spalten in gleichen Abständen versehene Scheibe und versetzt man dieselbe in gleichförmige Rotation, so daß in einer Secunde genau ebensoviel Spalten vor dem Mikroskop vorübergehen, als Schwingungen stattfinden, so wird der Lichtpunkt wieder in Ruhe erscheinen. Sobald aber die Scheibe ein wenig rascher oder langsamer rotirt, wird der Lichtpunkt langsam hin- und hergehen. Aus der Dauer dieser Hinundhergänge oder „optischen Schwebungen", der Rotationsgeschwindigkeit und Anzahl der Spalten läßt sich dann die Schwingungszahl sehr genau berechnen. Die Methode erfordert allerdings die ungefähre Kenntniß der Schwingungszahl, weil die scheinbare Ruhe des Lichtpunktes nicht blos dann eintritt, wenn die Zahl der in einer Secunde vorm Mikroskop vorübergehenden Spalten gleich ist der Schwingungszahl, sondern auch, wenn die erste Zahl 1/2, 1/3, 1/4 ꝛc. der letzteren ist. Diese Bestimmung des ungefähren Werthes der Schwingungszahl kann aber durch eine der bekannten Methoden, etwa auf graphischem Wege, erfolgen.

Es handelt sich nun um die Herstellung einer möglichst constanten Rotation der Scheibe. Dazu eignet sich am besten der von Helmholtz angegebene und von Aloys Schuller in seiner brauchbarsten Form beschriebene elektromagnetische Rotationsapparat, dessen Drehungsgeschwindigkeit sich bis zur vierten Decimalstelle genau bestimmen läßt.*) Den wesentlichsten Theil dieses Apparates bildet ein Centrifugalregulator, welcher durch Verringerung des Contactes die Stromstärke vermindert, sobald die Rotationsgeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet.

Als rotirende Scheibe diente eine runde Glasplatte von etwa 24 Centim. Durchmesser. Die radial gerichteten Spalten, 24 an der Zahl, wurden möglichst fein in eine einerseits glanz-

*) Poggend. Ann. Bd. 146, S. 497.

lose schwarze Papierscheibe geschnitten und diese dann so aufgeklebt, daß die Spalten sich ganz nahe am Rande befanden. Um eine ungleichmäßige Zusammenziehung beim Aufkleben zu verhüten, war das Papier vorher auf festes Zeichenpapier aufgezogen worden. Auch wurde sorgfältig darauf geachtet, daß der Mittelpunkt der Kreistheilung genau in die Drehungsachse fiel. Der mittlere Theil der Papierbelegung wurde dann wieder abgelöst, um die genaue Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeit zu ermöglichen. Das Verfahren dabei ist im Wesentlichen folgendes.

Auf der Rotationsachse befindet sich noch eine zweite Scheibe, zur Hälfte aus rothem, zur Hälfte aus grünem Glase bestehend und theilweise mit schwarzem Papier beklebt, so daß Roth, Grün und Schwarz ungefähr zu gleichen Theilen vorhanden sind. Der ganze Apparat steht nun dicht vor dem Pendel einer astronomischen Uhr, welches einen kleinen Schirm mit einem Spalte trägt, der beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage momentan hell beleuchtet wird, indem eine Linse mit Hilfe eines kleinen Spiegels das Bild einer schmalen Petroleumflamme auf ihn wirft. Auf diese Weise wird alle Secunden einmal ein Lichtstrahl durch die farbigen Glasplatten gesandt und von einem Fernrohre aufgenommen. Ruht die Scheibe oder macht sie jede Secunde eine ganze Anzahl Umdrehungen, so sieht man im Fernrohre in jeder Secunde einmal einen schmalen Lichtstreifen von derselben Farbe aufblitzen. Weicht dagegen die Umdrehungszahl um $\frac{1}{n}$ von einer ganzen Zahl ab, so fällt das Licht durch immer andere Stellen der Glasplatten und es tritt ein Farbenwechsel ein, der sich alle n Secunden wiederholt. Ist die angenäherte Umdrehungszahl bereits bekannt, so ergiebt die Beobachtung von n die anzubringende Correctur und die Aufeinanderfolge der Farben bestimmt das Vorzeichen dieser Correctur.

Zur Messung der Dauer der optischen Schwebungen wird eine leichte Feder benutzt, die durch einen an der Achse befestigten Excenter bei jeder Umdrehung einmal in ein Quecksilbernäpfchen gezogen wird; dadurch wird jedesmal ein Strom geschlossen und geöffnet, der mit einem elektrischen Zählwerk in Verbindung steht. Schaltet man letzteres ein, während man die Schwebungen

zählt, so erhält man die während der Beobachtungsdauer gemachten Rotationen.

Statt den schwingenden Körper mit dem feststehenden Mikroskope zu beobachten, kann man auch eine Lissajous'sche Mikroskopgabel anwenden, die durch Verstellung der Gewichte so abgestimmt ist, daß ihre Schwingungszahl in einem bekannten Verhältnisse zu derjenigen des schwingenden Körpers steht. Diese Abstimmung kann mittels der von Lissajou herrührenden optischen Methode geschehen. Um die Mikroskopgabel längere Zeit hindurch in constanter Schwingung zu erhalten, benutzte Poske in der von Helmholtz in seinen „Tonempfindungen" angegebenen Weise eine gleichgestimmte Unterbrechungsgabel. Die Mikroskopgabel wurde auf der einen Seite der rotirenden Scheibe angebracht, so daß sich das Objektiv dicht vor den Spalten befand. Auf der anderen Seite befand sich der leuchtende Punkt, der bei dieser Anordnung fest blieb. Er wurde gebildet durch ein Quecksilbertröpfchen an der geschwärzten Spitze eines Glasstabes, auf welches das Licht einer fernen kleinen Flamme durch eine Linse concentrirt wurde.

Hilfsmittel zur Demonstration der Schallbewegungen.

A. Terquem hat einen Apparat zur Demonstration der Fortpflanzung des Schalles in Gasen angegeben*), der im Principe mit einem früher von Wolf und Diacon construirten übereinstimmt. Derselbe besteht aus einem großen rechtwinkligen Rahmen, der auf der Rückseite durch eine Metallplatte geschlossen ist, welche eine horizontale enge Spalte hat. In diesem Rahmen läßt sich ein Schieber auf- und abbewegen, in welchen man Glasplatten einsetzt, welche durchsichtig auf schwarzem Grunde geeignete Figuren haben. Die Zeichnungen werden mittels Patronen in großem Maßstabe schwarz auf weißem Grunde gezeichnet und dann photographisch verkleinert, wobei der Grund schwarz und die Zeichnung durchsichtig wird. Der Rahmen läßt sich in einen Duboscq'schen Projectionsapparat einsetzen.

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 620; Carl's Repertorium X, S. 80.

Die Platte Fig. 24 mit den treppenförmigen Linien stellt die Fortpflanzung eines Stoßes durch Verdichtung dar. Bewegt man die Platte vertical, so bleibt jeder Lichtpunkt so lange stehen,

Fig 24.

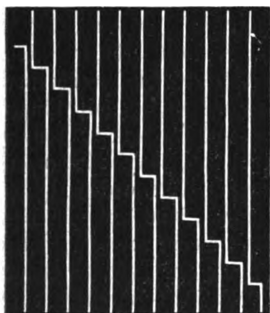
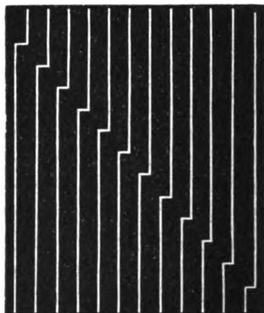


Fig. 25.



bis der horizontale Theil einer Linie den Spalt passirt; in diesem Moment erfolgt eine Verschiebung, bald darauf zeigt sich dieselbe beim nächsten Lichtpunkte ꝛc.

Fig. 26.

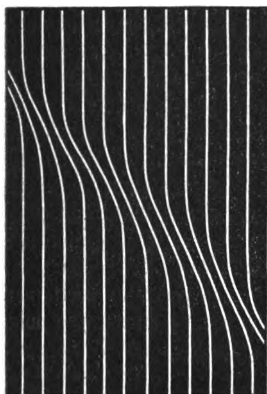


Fig. 27.



Die Platte Fig. 25 versinnlicht die Fortpflanzung eines Stoßes durch Verdünnung, wie er entsteht, wenn man am

Anfang einer Röhre rasch einen Kolben, der dieselbe schließt, zurückzieht.

Fig. 26 enthält gerade Linien, die durch halbe Sinusoiden verbunden sind; sie stellt die Fortpflanzung einer einzigen Verdichtungswelle dar, wie sie entsteht, wenn am Anfange einer unbegrenzten Röhre ein Kolben angebracht ist, der sich in meßbarer Zeit von Außen nach Innen bewegt.

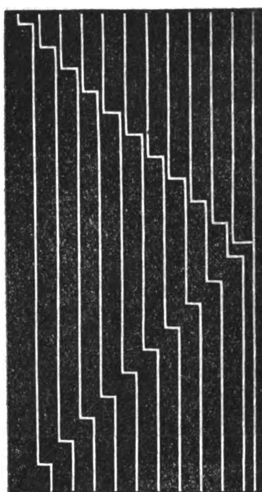
Fig. 27 giebt in gleicher Weise die Fortpflanzung einer Verdünnungswelle wieder.

Fig. 28 enthält congruente Sinusoiden. Bewegt man die ganze Platte mit dem Schieber, so sieht man zweimal die Fortpflanzung der Wellen, was ausreicht, die Art der Fortpflanzung einer continuirlichen periodischen Welle zu verdeutlichen.

Fig. 28.



Fig. 29.



Die drei folgenden Tafeln dienen zur Demonstration der Reflexion des Schalles und der stehenden Wellen. Fig. 29 soll die Reflexion in einer offenen Röhre zeigen, wenn man nur eine elementare Bewegung in Betracht zieht. Wenn man die Platte abwärts bewegt, so pflanzt sich zunächst eine Verdichtung fort; ist die Platte bis zur Mitte herabgegangen, so

hält man einen Augenblick an und sieht dann beim Weiterschieben eine Verdünnung, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegt.

Um die Reflexion am Ende einer geschlossenen Röhre zu demonstriren, hat man nur die beiden ersten Platten, Fig. 24 und 25, hin und herzubewegen.

Fig. 30 stellt die Bewegung der Luft in einer offenen Röhre dar, die gerade Linie in der Mitte giebt den Knoten. Bedeckt man die eine Hälfte des Spaltes, so erhält man die dem Grundtone einer geschlossenen Röhre entsprechende Bewegung.

Fig. 30.

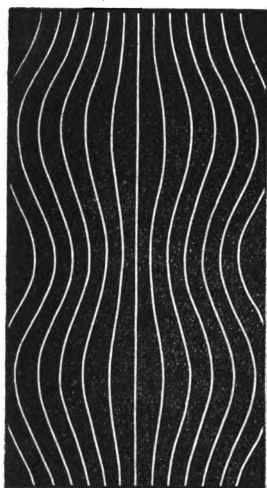
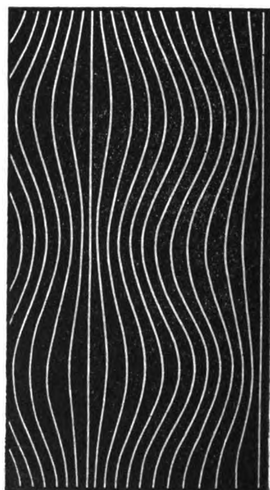


Fig. 31.



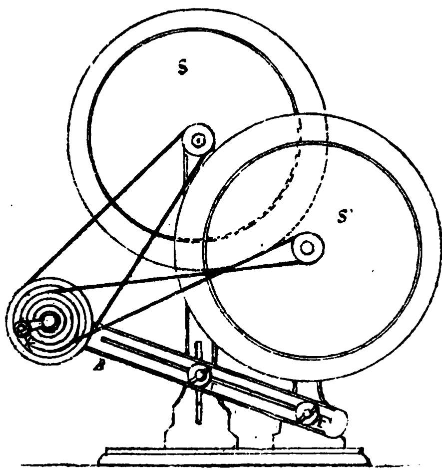
Die Platte Fig. 31 endlich stellt die dem zweiten Obertone einer geschlossenen Röhre entsprechende Bewegung der Luftmoleküle dar.

Der Apparat zur Demonstration der Zusammensetzung beliebiger rechtwinklig auf einander stattfindender Schwingungen*), den

*) Carl's Repertorium X, S. 42.

Dr. L. Pfaundler durch den Mechaniker H. Miller in Innsbruck hat fertigen lassen, kann als eine Erweiterung des Crova'schen Wellenapparates (s. Jahrg. IV dieses Jahrbuches, S. 74) betrachtet werden.

Fig. 32.



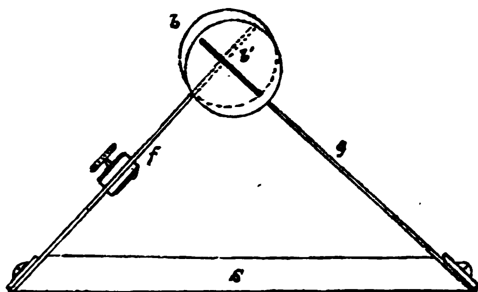
Zwei Glasscheiben S und S' (s. die Vorderansicht Fig. 32) sind um horizontale Achsen, deren Lager von zwei Holzsäulen getragen werden, drehbar. Die Bewegung erfolgt durch die Kurbel k mittels zweier Schnurläufe. Zu dem Zwecke ist die Kurbelscheibe mit 7 concentrischen Ringen von 1, 2, 3, 4, 5 und zwei von 6 Centimeter Radius versehen, so daß sich nach Belieben gleiche Umdrehungsgeschwindigkeiten oder solche, welche in den Verhältnissen $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_3$, $^2/_5$, $^3/_5$, $^4/_5$, $^5/_6$ stehen, herstellen lassen. Um für die verschiedenen Stellungen die Entfernung der Kurbelachse von den beiden Scheibenachsen der Länge der Schnüre anzupassen, ist ersterer, mittels der durchbrochenen Stange B und der Flügelschrauben, FF verstellbar. Die Scheiben selbst sind mit einem schwarzen Ueberzuge versehen, aus welchem ungefähr 1 Millim. breit die beiden Curven herausgeschabt sind, durch deren Durchkreuzung in C ein Lichtpunkt entsteht, welcher dem Aethermoleküle entspricht. Man beobachtet die von diesem Lichtpunkte beschriebene Curve entweder direct, indem man gegen einen hellen Hintergrund blickt, oder stellt den Apparat vor die Duboscq'sche Lampe und projicirt die Erscheinung auf einen Schirm. Die den Scheiben aufzuzeichnenden Figuren sind je nach der Er-

scheinung, welche man darstellen will, verschieden; auf ihre Construction brauchen wir hier nicht weiter einzugehen.

Pfaundler hat auch noch zwei sehr einfache kleine Apparate zur Hervorbringung der Lissajous'schen Figuren angegeben.

Bei dem ersten derselben, Fig. 33, sind an den unter 45° abgeschrägten Enden eines eisernen Stabes s zwei federnde Stahlstreifen f und g angebracht, deren Ebenen oben einen rechten Winkel einschließen. An ihren hinter einander stehenden Enden, die sich nicht berühren, tragen sie ein Paar runde Blättchen b und b', die ziemlich dicht hinter einander liegen und deren Ebenen mit den Schwingungsebenen der beiden Streifen zusammenfallen. Jedes der Blättchen enthält einen Längsschlitz. Sobald man nun die Federn f und g durch Anklopfen in Schwingungen versetzt, bewegt sich der im Durchkreuzungspunkte beider Schlitze erscheinende Lichtpunkt in einer Lissajous'schen Figur. Durch Verschiebung des Laufgewichtes an der einen Feder kann man beliebige Verhältnisse zwischen den Schwingungszahlen beider Federn erhalten. Der Stab s darf beim Versuche nicht in freier Hand gehalten werden.

Fig. 33.



Der zweite Pfaundler'sche Apparat*) stimmt noch genauer mit der ursprünglichen von Lissajous gegebenen Anordnung zweier Stimmgabeln überein. Als schwingende Körper dienen aber auch hier zwei Stahlfedern, eine verticale und eine horizontale, die an ihren Enden parallele verticale Spiegel tragen. Diese Federn sind auf ein Paar hölzernen Säulen befestigt, die sich

*) Carl's Repertorium X, S. 299.

beliebig umdrehen und in einem Schlitze des Fußbretchens einander nähern lassen.

Klangfiguren.

Prof. A. Kundt und Stud. O. Lehmann in Straßburg haben eine Arbeit über longitudinale Schwingungen und Klangfiguren in cylindrischen Flüssigkeitssäulen geliefert.*) Es zeigte sich, daß man fast ebenso leicht, wie in einer Luftsäule, in einer Wassersäule stehende Schwingungen und die ihnen entsprechenden Klangfiguren erzeugen kann.

Die Methode, mittels deren es gelang, sowohl an den Enden offene, als geschlossene Wassersäulen in Schwingungen zu versetzen, ist dieselbe, deren sich Kundt früher bei Gasen bedient hat (Jahrg. III dieses Jahrb. S. 78). Ein an dem einen Ende zugeschmolzenes Glasrohr a wurde mit diesem Ende, gewöhnlich bis auf 1/4 seiner Länge mit einem festschließenden Kautschukpfropf in ein weiteres, mit Flüssigkeit gefülltes Glasrohr b eingesetzt, welches seitliche Ausläufe hat, um es bequem füllen und entleeren zu können. Das zweite Ende von b war entweder zugeschmolzen oder mit einem Kautschukpfropfen oder einer Kautschukmembran geschlossen; um die Länge der Flüssigkeitssäule schnell variiren zu können, wurde auch ein verschiebbarer Kautschukpfropfen angewandt, durch den ein enges Glasröhrchen ging, welches wieder durch ein Kautschukrohr mit dem die Flüssigkeit enthaltenden Gefäße communicirte. Um die Flüssigkeit ins Tönen zu bringen, wurde der freie Theil des Rohres a durch Reiben in Schwingungen versetzt Als wesentliche Bedingung für das Entstehen kräftiger und regelmäßiger Schwingungen in der Luftsäule stellte sich bei Kundt die Abwesenheit jeder, auch der kleinsten Luftblase in dem mit Flüssigkeit gefüllten Rohre heraus. „Luftblasen, welche man kaum noch mit bloßem Auge erkennt, können das Tönen des Apparates völlig hindern. Enthält die benutzte Flüssigkeit, z. B. Wasser, ein Gas absorbirt, so muß letzteres vorher durch anhaltendes Kochen völlig ausgetrieben werden.“ Andernfalls wird nämlich die absorbirte Luft durch

*) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 1.

die Schwingungen aus dem Wasser ausgetrieben und es treten in demselben Luftblasen auf, sobald man a kräftig reibt.

Zur Erzeugung schöner Klangfiguren fand Kundt das fein zertheilte Eisen, welches als ferrum limatum in den Handel kommt, am geeignetsten. Bringt man dieses Pulver, von dem nur wenig zu nehmen ist, durch Klopfen an den Boden der Röhre, dreht die letztere dann ein wenig, so daß das Pulver eben noch an der Seite liegen bleibt, und reibt nun an, so fällt dasselbe an den Bäuchen der schwingenden Wassersäule in Rippungen herunter, während es an den Knoten an der Seitenwand haften bleibt.

Die Staubfiguren in der Flüssigkeitssäule können zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit dienen. Versieht man das äußere Ende des tönenden Rohres a mit einem Korke und schiebt über dieses Ende ein weiteres Rohr, in welchem sich Lykopodium befindet, so erhält man durch die Klangfiguren in der Flüssigkeit und in dem letzterwähnten Rohre die Wellenlänge desselben Tones in der Flüssigkeit und in Luft, und das Verhältniß beider giebt die relative Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit, bezogen auf die Luft als Einheit.

Aus der experimentell ermittelten Zusammendrückbarkeit des Wassers ergiebt sich theoretisch die Schallgeschwindigkeit bei 8° gleich 1437 Meter, was sehr nahe mit der von Colladon und Sturm im Genfersee erhaltenen Zahl von 1435 Metern übereinstimmt. Dagegen fand Wertheim aus der Beobachtung tönender Wassersäulen den viel kleinern Werth von 1173 Meter bei 15,° und noch kleinere Werthe erhielten André und O. E. Meyer (s. S. 108 vorliegend. Jahrg.) in engen Wasserleitungsröhren. Es rührt dieses von dem Einfluß der Wandung der Röhre, ihrer Compressibilität ꝛc. her und es zeigt sich, daß für Röhren von verschiedenem Durchmesser und verschiedener Wandstärke auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Wasser eine andere ist. Bezeichnet man letztere bei der Temperatur von t^0 mit c (diejenige der Luft bei 0° gleich 330 Meter gerechnet), so fanden Kundt und Lehmann bei ihrem Versuche folgende Zahlen, wenn man den innern Röhrendurchmesser $= D$, die Wandstärke $= \delta$ die Wellenlänge in Luft $= \lambda'$, die in Wasser $= \lambda$ setzt:

D Millim.	δ Millim.	λ' Millim.	λ Millim.	t°C.	c Meter
28,7	2,2	95,2	290,8	18,3	1041,3
28,7	2,2	95,2	290,2	18,5	1039,5
34,0	3,0	82,0	293,8	17,0	1218,6
34,0	3,0	82,0	297,2	17,0	1232,7
34,0	3,0	82,0	297,0	17,0	1231,9
23,5	3,0	57,2	212,2	18,0	1264,0
23,5	3,0	57,2	211,6	18,0	1260,4
21,0	3,5	58,4	232,6	18,5	1358,1
21,0	3,5	58,4	232,4	18,5	1357,0
16,5	5,0	78,6	313,8	18,2	1360,7
16,5	5,0	78,6	315,2	18,2	1366,8
16,5	5,0	78,6	311,6	19,1	1353,3
14,0	5,0	64,8	261,2	22,2	1383,2

Wie weit man sich bei hinreichender Wandstärke dem Werthe 1435 Meter zu nähern vermag, ist vorerst unentschieden; vollständig wird man ihn wohl auch bei starken Röhrenwandungen nicht erreichen, da es schwer sein wird, die Durchbiegung der Wand völlig verschwinden zu machen.

Auch Dr. V. Dvořák in Prag hat schon vor längerer Zeit Staubfiguren in Wasser erzeugt und er erhielt „in einer mit Wasser gefüllten Glasröhre, die durch Reiben mit einem nassen Tuche zum Tönen gebracht wurde, Rippen, zuweilen von solcher Feinheit, daß sie kaum mit bloßem Auge zu unterscheiden waren. Zur Erzeugung der Schichten wurde aufgeweichtes Schießpulver verwendet, welches jede Art von Schichten, selbst die feinsten, besonders gut zu zeigen vermag".*) Handelte es sich indessen um Messung der Wellenlänge des betreffenden Tones im Wasser, so gab das Reiben mit einem nassen Tuche kein befriedigendes Resultat. Dvořák verfuhr dann folgendermaßen**): Er schmolz eine etwa 2 Meter lange Glasröhre an dem einen Ende zu und bog sie etwa eine Hand breit vom andern Ende rechtwinklig um, goß soviel Wasser ein, daß nur ein kleiner Theil der Umbiegung mit Wasser gefüllt war und brachte die in diesem Theile enthaltene Luftsäule durch

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 634.
**) Poggend. Ann. Bd. 154, 6. 156.

kräftiges Darüberblasen zum Tönen; durch Wegnehmen oder Hinzugießen von Wasser konnte der Ton geändert werden. Bei richtigem Treffen des Tones zeigten sich schon nach 4 bis 5 maligem Anblasen sehr schöne Rippen, doch zeigten die einzelnen Knoten einen sehr ungleichen Abstand, woraus folgt, daß „die Staubfiguren in gedeckten Röhren zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht zu verwenden" sind.

Es wurde daher auch das zugeschmolzene Ende, doch nur ein kurzes Stück, umgebogen und eine große Luftblase hineingelassen, so daß die Wassersäule jetzt eine offene Pfeife bildete. Die Knoten bei den vollkommen scharfen Staubfiguren waren jetzt gleichweit von einander entfernt. Die Tonhöhe wurde mit einem Monochord bestimmt. Es ergaben sich dabei für die Durchmesser D und die Wanddicken δ die nachstehenden Werthe für die Schwingungszahlen n, die Wellenlänge λ, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten c, wobei die Temperatur im Mittel 19° C. war.

Röhre	D Millim.	δ Millim.	n	λ Millim.	c Meter
Nr. 1	17,9	0,82	1021,7	944	998
„ 2	11,7	0,63	1102	950	1046
„ 3	8,46	0,52	1219	955	1164
„ 4	15	2	1021,7	1188	1213
„ 4	11	2	1046	1219	1281

Als die Röhre No. 1 unter Wasser gesetzt wurde, zeigte sich eine geringe Vermehrung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit; es war nämlich

$$n = 1065, \quad \lambda = 950, \quad c = 1011.$$

Die Bemerkung Kundt's, daß das Wasser nur dann schwinge, wenn es vollkommen frei ist von Luftblasen, fand Dvořák bei seinen Versuchen nicht bestätigt. Es bewegten sich beim Tönen die vorhandenen Luftblasen sehr rasch gegen die Knoten hin.

Kundt macht a. a. O. noch darauf aufmerksam, daß man Zungenpfeifen sehr leicht in Wasser zum Tönen bringt, indem man sie mittels eines Schlauches mit dem Hahne der Wasserleitung verbindet. Durch passende Regulirung des Wasserzuflusses mittels des Hahnes der Wasserleitung gelingt es dann leicht, in solchen Pfeifen einen reinen Ton zu erzeugen.

Auch hat derselbe dort noch auf eine einfache Methode aufmerksam gemacht, Luft- und Wassersäulen in Schwin-

gungen zu versetzen, eine Methode, die sich sehr gut zur Erzeugung von Staubfiguren der Luft in großem Maßstabe eignet.

Ueber das eine Ende eines Glasrohres, dessen anderes Ende geschlossen oder offen sein kann, binde man recht straff eine Kautschukmembran, setze darauf ein engeres Glasrohr und blase mit dem Munde stark durch dasselbe gegen die Membran. Letztere wird dadurch in Schwingungen versetzt, die sich der Luft in dem Glasrohre mittheilen. Enthält dasselbe etwas Korkpulver oder Kieselsäure, so bilden sich schöne Luftstaubfiguren. Man kann Röhren von 2 Meter Länge und 1 Decimeter Durchmesser nehmen und erhält die Figur noch vorzüglich.

Abhängigkeit der Tonhöhe von der Amplitude.

Man macht gewöhnlich die Annahme, daß die beschleunigende Kraft eines unter dem Einflusse elastischer Kräfte schwingenden Punktes proportional ist der ersten Potenz seiner Entfernung von der Ruhelage. Für die meisten Zwecke genügt diese Hypothese, die streng genommen nur für unendlich kleine Schwingungen richtig ist; namentlich stimmt bei kleinen Amplituden das aus dieser Hypothese abgeleitete Gesetz, daß die Schwingungsdauer unabhängig ist von der Amplitude, mit der Erfahrung überein. Bei größeren Amplituden aber verhält sich die Sache anders. So hat Regnault für Gase, die in Röhren eingeschlossen sind, mit abnehmender Schallstärke eine sehr beträchtliche Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit gefunden. Zwar kann es hier zweifelhaft sein, ob die Wellenlänge oder die Schwingungszahl sich geändert hat; durch den Nachweis aber, daß die mehrfach reflectirten Wellen noch die Stimmgabel, von der sie ausgegangen waren, in Mitschwingung versetzten, ist man zu dem Schlusse berechtigt, daß die Aenderung der Schallgeschwindigkeit zum weitaus größten Theile auf Rechnung eines Vorganges kommt, dem bei stehenden Schwingungen eine Aenderung der Wellenlänge entsprechen würde. Ferner hat J. J. Müller bei Vergrößerung der Amplitude für die Longitudinalschwingungen eines Stabes eine Tonerhöhung, für die Longitudinalschwingungen einer Luftsäule eine Vergrößerung der Wellenlänge beobachtet. Aus Müller's Versuchen über die Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von der Intensität

folgt gleichfalls eine Vergrößerung der Wellenlänge mit vergrößerter Amplitude. Sodann hat Ferd. Braun gezeigt*), daß bei transversal schwingenden Saiten die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Töne auf der Saite mit der Amplitude zunimmt. Dagegen will Lissajous bei Stimmgabeln eine Verkleinerung der Oscillationsdauer bei vergrößerter Amplitude beobachtet haben.

Braun glaubt daher, daß es zur Entscheidung der Frage nach der Abhängigkeit der Tonhöhe von der Amplitude nöthig ist, einfachere Versuchsbedingungen herzustellen und er hat deshalb seine Versuche mit Stäben als Körpern von möglichst einfacher Gestalt und scharf begrenzten Dimensionen angestellt.**) Indem wir rücksichtlich der theoretischen Untersuchungen, wie der näheren Angaben über die Versuche auf die Braun'sche Abhandlung selbst verweisen, geben wir kurz die Hauptresultate der ganzen Arbeit an.

1. Will man für die elastischen Schwingungen eines symmetrisch zur Ruhelage schwingenden Körpers höhere Potenzen der Amplitude berücksichtigen, so erscheint es nicht statthaft, gerade Potenzen derselben in den Ausdruck für die Beschleunigung aufzunehmen. Berücksichtigt man dagegen außer der ersten noch die dritte Potenz, so ergeben sich folgende Sätze:

a) Die Combination von Theorie und Versuch gestattet eine numerische Bestimmung des Coëfficienten, mit welchem in dem Ausdrucke für die Beschleunigung die dritte Potenz der Amplitude behaftet ist. Derselbe wächst nicht proportional mit dem Coëfficienten des ersten Gliedes der Beschleunigung, sondern rascher als dieses.

b) Die Schwingungszahl läßt sich in Form einer nach geraden Potenzen der Amplitude fortschreitenden Reihe darstellen. Die Tonhöhe nimmt ab, wenn die Ampitude zunimmt, und der Einfluß derselben ist um so bedeutender, je höher der Ton ist. Die Zunahme beträgt bei Amplituden, die sich zur halben Wellenlänge wie 1 : 100 verhalten, für die Schwingungszahl 9,64 weniger als 0,05 Proc., und steigt für die Schwingungszahl 21,91 bis zu 0,12 Proc.

---

*) Poggend. Ann. Bd. 147, S. 64.
**) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 51 u. 250.

c) Die Bewegung des tönenden Körpers, welche bei unendlich kleinen Amplituden durch einen cyklometrischen Cosinus dargestellt wird, geht bei endlichen Excursionen in einen elliptischen Cosinus der Zeit über. Derselbe läßt sich nach harmonischen ungeradzahligen Partialtönen zerlegen.

d) Das Experiment ergiebt, daß auch bei endlichen Verschiebungen die sogenannten singulären Richtungen der elastischen Kraft nach Charakter und Lage bestehen bleiben.

2. Die Dämpfung ist abhängig

a) von der Tonhöhe für unendlich kleine Amplituden. Dieselbe wird größer für höhere Töne.

b) Von der Amplitude. Das logarithmische Decrement läßt sich darstellen durch die ersten Glieder einer Reihe, welche nach geraden Potenzen der Amplitude fortschreitet. Auch für die Dämpfung ist der Einfluß der Amplitude um so größer, je höher der Ton ist.

c) Von der Schwingungsfigur. Schwingungen in einer Richtung werden im Allgemeinen stärker gedämpft, wenn gleichzeitig Schwingungen senkrecht gegen die erste Richtung vorhanden sind. Eine dämpfende Kraft läßt sich daher nicht in zwei senkrechte von einander unabhängige Componenten zerlegen. Sind die beiden senkrecht gegen einander erfolgenden Schwingungen nahezu von derselben Tonhöhe, so treten noch besondere Eigenthümlichkeiten in der Erscheinung auf.

3. Außer diesen Einflüssen macht auch noch für die Tonhöhe eines elastischen Körpers dessen feste Umgebung sich geltend. Das Mitschwingen derselben ist im Stande, den Einfluß der Amplitude um mehr als das Zehnfache zu übertreffen, einer Aenderung der Tonhöhe danach um fast ein Proc. entsprechend. Es ist für genaue Untersuchungen nicht gestattet, einen schwingenden Körper als ein für sich bestehendes System aufzufassen.

Auch Poske bemerkte bei der vorher (S. 130) erwähnten Arbeit, als er versuchte, eine Stimmgabel mittels des Vibroskopes nach einer andern zu stimmen, die Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Amplitude. Er untersuchte deshalb diese Erscheinung experimentell weiter und fand, daß sowohl bei beschwerten, als bei dünnen unbeschwerten Stimmgabeln mit abnehmender Amplitude eine Zunahme der Schwingungszahl, also eine Erhöhung des Tones eintritt. Dabei macht er aber, im Widerspruch mit

dem Braun'schen Satze 1, b die Bemerkung, daß die Aenderung der Schwingungsdauer nicht, wie beim Pendel, dem Quadrate der Amplitude, sondern nahezu ihrer ersten Potenz proportional sei.

Optik.

Abhängigkeit der Lichtstärke von der Entfernung der Lichtquelle.

Theoretisch steht zwar der Satz fest, daß die Lichtintensität umgekehrt proportional ist dem Quadrate der Entfernung der Lichtquelle; der experimentelle Nachweis war aber bis jetzt mit mangelhaften Hilfsmitteln nur ungenügend geführt worden. Neuerdings hat Carstädt diese Lücke auszufüllen versucht*), wobei er sich des Bunsen'schen Photometers bediente. Bekanntlich besteht dasselbe aus einem ausgespannten Papier mit einem Stearinfleck. Ist die Beleuchtung von der Rückseite stärker, so erscheint derselbe durchsichtig, ist aber das von vorn auftreffende Licht heller, so erscheint er dunkel; wird endlich das Papier von beiden Seiten gleich hell beleuchtet, so ist der Fleck unsichtbar. Als Lichtquellen wurden Petroleumflammen mit Flachbrennern benutzt, die sich auf einer in Centimeter getheilten Scala verschieben ließen. Aus 174 Einzelbeobachtungen ergab sich nun, daß, wenn man die Entfernungen der Lampen auf beiden Seiten vom Photometer so regulirte, daß der Fleck verschwand, dann bei gleichmäßiger Helligkeit beider das Verhältniß der Quadrate der Entfernungen constant war. Daraus folgt aber die Richtigkeit des angegebenen Satzes.

Brechung und Dispersion des Lichtes.

Mascart hat neuerdings die Brechungsindices und die Dispersion verschiedener Gase untersucht**) und dabei folgende Werthe des absoluten Brechungsindex erhalten:

Wasserstoff	1,0001388
atmosph. Luft	1,0002923

*) Poggend. Ann. Bd. 150, S. 551.
**) Comptes rendus, 1874 mars 2, p. 617. u. mars 9, p. 679.

Stickstoff	1,0002972
Stickoxydulgas	1,0005084
Stickoxydgas	1,0002967
Kohlenoxydgas	1,0003336
Kohlensäure	1,0004494
schweflige Säure	1,0006820
Cyangas	1,0008202.

Diese Zahlen beziehen sich auf die gelbe Natriumlinie, deren Wellenlänge sich aus den Fraunhofer'schen Messungen zu 0,0005888 Millim. ergiebt; eigentlich müßte die Wellenlänge im leeren Raume in Rechnung gezogen werden, was eine Verkleinerung der obigen Zahlen um etwa den 3000sten Theil des Bruches zur Folge haben würde. Uebrigens verstehen sie sich für 0° und 760 Millim. Luftdruck.

Sind λ und λ' die Wellenlänge zweier Strahlen des Spectrums n und n' ihre Brechungsindices, so ist

$$\frac{n'-n}{n-1}\left(1+\frac{B}{\lambda^2}\right)=B\left(\frac{1}{\lambda'^2}-\frac{1}{\lambda^2}\right).$$

Mascart hat nun Versuche angestellt mit vier halben Cadmiumlinien, einer rothen, zwei grünen und einer blauen und aus denselben die Werthe von B berechnet. Dabei ergaben sich für die verschiedenen Linien Abweichungen, die bloß von der Ordnung der Beobachtungsfehler waren. Die gefundenen Werthe selbst sind folgende:

	B
Luft	0,0058
Stickstoff	0,0069
Wasserstoff	0,0044
Stickoxydulgas . . .	0,0127
Kohlenoxydgas	0,0075
Kohlensäure	0,0052
Cyangas	0,0100

Als Einheit der Länge ist der tausendste Theil des Millim. genommen.

Berechnet man mittels der gefundenen Werthe von B und der bekannten Wellenlängen λ und λ' das Dispersionsvermögen oder den Werth von

$$\frac{n'-n}{n-1}$$

für atmosphärische Luft und zwar für die Fraunhofer'schen Linien B und H, so erhält man 0,024, was ziemlich genau mit dem Werthe 0,023 übereinstimmt, den Ketteler für das Dispersionsvermögen der Luft berechnet hat. Zum Vergleich sei daran erinnert, daß der Werth des Coëfficienten B, für die Fraunhofer'schen Linien B und H berechnet, beim Quarz für die ordinären Strahlen 0,032, beim Wasser 0,040, beim Isländischen Doppelspath für die ordinären Strahlen 0,046, bei leichterem Crownglas 0,038 und bei schwerem Flintglas 0,069 sein würde.

Bei dieser Gelegenheit machen wir ferner auf eine Arbeit von Mascart über die Brechung des zusammengedrückten Wassers*) aufmerksam. Jamin hat vor einigen Jahren bemerkt, daß sich der Brechungsindex n des zusammengedrückten Wassers ziemlich genau aus dem Newton'schen Gesetze, nach welchem die sogenannte brechende Kraft ($n^2 - 1$) proportional der Dichte sein soll, berechnen läßt. Damit hätte man dann eine optische Methode, um den Coëfficienten der Zusammendrückbarkeit des Wassers zu ermitteln. Mascart hat nun eine solche Bestimmung unter Annahme des Newton'schen Gesetzes versucht, wobei er, ziemlich mit Jamin übereinstimmend, für diesen Coëfficienten den Werth 0,0000518 bei der Temperatur von 15° erhielt. Nahm er aber $n - 1$ proportional der Dichte an, so ergab sich 0,0000453. Nach Grassi hat aber dieser Coëfficient den Werth 0,0000471, liegt also zwischen den beiden gefundenen. „Das Gesetz der brechenden Kräfte", bemerkt Mascart, „ist also nicht einmal dasjenige, welches die der Wahrheit am nächsten kommende Zahl liefert; es entspricht also auch nicht der Veränderung der Brechung des Wassers durch Compression, und ich glaube, daß es keine andere Erscheinung gibt, welche berechtigt, dieses Gesetz in der Physik beizubehalten."

Den schiefen Durchgang von Strahlenbündeln durch Linsen und eine darauf bezügliche Eigenschaft der Krystalllinse hat Prof. Ludimar Hermann in Zürich einer nähern Untersuchung unterworfen.**) Bekanntlich wird das Brechungs-

*) Comptes rendus, 1874 mars 23, p. 801.

**) Ueber schiefen Durchgang von Strahlenbündeln durch Linsen

vermögen der Krystallinse von außen nach innen stärker, und zwar dergestalt, daß die Niveauflächen der Indices nach innen an Krümmung zunehmen, und daß man den stärkestbrechenden Kern annähernd als eine kleine Kugel betrachten kann. In Folge dessen hat die Linse im Ganzen eine kürzere Brennweite, als wenn sie durchweg den hohen Index des Kernes besäße. Denn denkt man sich die Linse vereinfacht als einen kuglichen Kern von hohem Brechungsindex, schalenartig umgeben von zwei concavconvexen Zerstreuungslinsen von geringerem Index, so compensirt die negative optische Kraft der letzteren einen Theil der optischen Kraft des Kernes.

Der Nutzen dieses geschichteten Baues kann nicht in der Vergrößerung der optischen Kraft gesucht werden; denn diese hätte sich sowohl durch einen höhern Brechungsindex als den des Kernes, als auch durch stärkere Krümmung erreichen lassen. Daß diese Structur zur Achromasie des Auges beitrage, wie Manche meinen, läßt sich nicht feststellen, weil uns das Dispersionsvermögen der einzelnen Linsenschichten auch nicht einmal annähernd bekannt ist; übrigens ist die Achromasie der Linse nur gering. Eine andere Folge dieses Baues ist die Verminderung der sphärischen Aberration. Es brechen nämlich homogene Linsen mit sphärischen Flächen die Randstrahlen stärker als die centralen, diese Abnahme kann aber durch Verminderung des Brechungsindex nach dem Rande hin ganz oder theilweise compensirt, oder auch übercompensirt werden. Indessen ist es bei den Versuchen, welche stud. A. Fick im Sommer 1873 im Laboratorium Hermann's anstellte, nicht gelungen, den Grad dieser Compensation beim Auge festzustellen. Für das Sehen wird übrigens die sphärische Aberration der Linse wegen der Enge der Pupille nicht merklich in Betracht kommen. Dagegen hat man einen anderen sehr wesentlichen Nutzen der optischen Schichtung der Linse bisher übersehen; es liefern nämlich solche geschichtete Linsen für schief durch ihre Mitte gehende Strahlenbündel bedeutend bessere Bilder als homogene Linsen von gleicher Brennweite.

---

und eine darauf bezügliche Eigenschaft der Krystallinse. Gratulationsschr. der med. Fac. in Zürich zum 25jähr. Professor-Jubiläum des Herrn Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig. Zürich, Orell, Füßli & Co. 1874.

Um dies nachzuweisen, hat Hermann die Theorie der Brechung schief auffallender Strahlenbüschel, die in den Lehrbüchern fehlt, auf mathematischem Wege näher entwickelt. Rücksichtlich dieser Entwickelungen müssen wir unsere Leser auf das Original verweisen. Dieselben führen zu dem Satze: Ein stärker gekrümmter, stärker brechender Kern macht eine Convexlinse bei gegebener Brennweite für schiefe Incidenz vortheilhafter; ist der Kern eine Kugel, so ist das System besonders günstig. In diesem Falle befindet sich annäherungsweise die Krystalllinse. Aehnlich wie man von achromatischen und aplanatischen Linsencombinationen spricht, schlägt der Verfasser für solche Linsencombinationen, welche für die schiefe Incidenz Vortheile bieten, den Namen periskopisch vor, der bisher nur für gewölbte Brillengläser im Gebrauch war.

Die periskopischen Eigenschaften der Krystalllinse, welche dieselbe also besonders für das peripherische Sehen befähigen, müssen noch bedeutend gesteigert werden dadurch, daß der Brechungsindex von außen nach innen continuirlich zunimmt; „denn jede Niveaufläche schließt eine Linse ein, die dadurch, daß sie wiederum einen stärker brechenden Kern enthält, periskopischer wird, als wenn sie bei gleicher Brennweite homogen wäre. Ferner ist der geschichtete Bau der Linse gleichsam nur eine Fortsetzung des analog geschichteten Baues des ganzen Refractionskörpers im Auge, da die Linse wiederum von schwächer brechenden Flüssigkeiten umgeben ist. In der That deutet schon der Umstand, daß das Auge ein enorm großes Gesichtsfeld im Vergleich zu allen optischen Instrumenten hat, darauf hin, daß besondere Einrichtungen für schiefe Incidenz vorhanden sind...." „Von Neuem," so schließt der Verfasser seine Auseinandersetzung, „zeigt sich die Zweckmäßigkeit der Organisation bis in die feinsten Einzelheiten hinein. Selten geht man fehl, wenn man bei einer noch unverstandenen Einrichtung nach einem noch unbekannten Nutzen derselben forscht, zu dessen Voraussetzung man durch die neueren Anschauungen über die Genese der Organismen berechtigt und genöthigt ist."

Vollkommen achromatisches Teleskop*) Schon

*) Nature, 1874 Sept. 24, p. 431.

auf der Edinburger Versammlung der British Association im Sommer 1871 kam es zur Sprache, daß die Construction eines Fernrohres im Werke sei, welches von primärer und secundärer Dispersion frei sein solle. Der inzwischen verstorbene Vernon Harcourt lieferte die Gläser und Howard Grubb hat dann das Instrument vollendet, welches auf der vorjährigen Versammlung der Association von Prof. G. G. Stokes in der mathematischen Section vorgezeigt wurde. Dasselbe hat etwa 2½ Zoll engl. Oeffnung und 28 Zoll Brennweite. Als Objectivglas dient eine Linse aus phosphorsäurehaltigem Glas, das noch einen Zusatz von Titansäure besitzt; dieselbe ist achromatisirt durch eine Linse, welche dreifach borsaures Blei enthält. Letztere ist etwas trübe in Folge eines Fehlers bei der Herstellung, auch sind beide Gläser nicht frei von Streifen. Ferner zeigten sich Schwierigkeiten in der Herstellung der richtigen Krümmung, wenn man der ersten Linse alle convexe Kraft zuweisen wollte; Stokes fand es daher rathsam, etwa ⅙ dieser Kraft der dritten, einer Crownglaslinse, zuzutheilen, wobei freilich die secundäre Dispersion nicht ganz verschwinden konnte. Zum Vergleich wurde auf das Instrument auch ein gewöhnliches Objectivglas gesetzt; wenn man damit nach einem Schornstein blickte und die halbe Oeffnung verdeckte, so erschienen an den Rändern lebhafte grüne und purpurne Säume, bei Anwendung des Harcourt'schen Objectivs aber war kaum eine Färbung wahrzunehmen. Wie schon angedeutet, ist das Instrument in Folge der Schwierigkeit, streifenfreie Gläser herzustellen, nicht vollkommen; man erkennt aber die Möglichkeit, die secundären Farben zu beseitigen.

Der Lichtschein um den Schatten des Kopfes, den man auf rauhen Oberflächen, auf trocknem Gras, Getreide- oder Stoppelfeldern, namentlich bei tiefem Sonnenstand, besonders hell aber dann bemerkt, wenn der Kopfschatten auf bethautes Gras fällt, ist von Lommel besprochen worden.*) Bemerkenswerth ist, daß jeder Beobachter nur den eignen Kopfschatten mit dieser Glorie umgeben sieht, nicht diejenigen seiner Begleiter. Fällt der Schatten auf eine ganz ebene Fläche, so verschwindet die Erscheinung.

---

*) Sitzungsber. der physikal., medic. Societät in Erlangen. Sitzung v. 23. Juni 1873. Poggend. Ann. Jubelbd. S. 10.

Man hat es hier jedenfalls mit zwei Erscheinungen zu thun; mit dem schwachen Lichtschein auf trockner, rauher Fläche, und mit dem viel helleren auf bethauter Grasfläche.

Was die erste Erscheinung anlangt, so pflichtet Lommel der Erklärung bei, welche v. Winterfeld bereits im Jahre 1795 gegeben hat*). Durch den Schatten des Kopfes werden die Grashälmchen und Erdklümpchen verdunkelt; „zunächst bei demselben glänzen sie in vollem Lichte, denn ihre ganze helle Seite ist gegen die Sonne und gegen das Auge gekehrt, die dunkle dagegen ist diesem gänzlich versteckt. Je weiter sie sich aber von dieser Richtung oder von dem Schatten des Kopfes entfernen, desto mehr entzieht sich ihre helle Seite dem Auge und desto mehr kommt nicht nur von ihrer dunkeln Seite, sondern auch von dem Schatten, welchen sie hinter sich werfen, zum Vorschein. Und so bildet sich um den Schatten des Kopfes ein heller Schein von lauter ganz hell erleuchteten Grashalmen, Stoppeln oder Erdklümpchen, der immer geringer wird, je mehr dieselbe ihre Lichtseite dem Auge entziehen, indem sie sich von dem Schatten des Kopfes entfernen.“ Dem Einwande von Brandes, daß die Erleuchtung so schnell nicht abnehmen könne, daß man dieß schon in 1° bis 2° scheinbarer Entfernung vom Auge bemerke, begegnet Lommel mit dem Hinweise auf die wesentliche Rolle, welche die Schlagschatten der einzelnen Halme 2c. bei der Erscheinung spielen. „Die Halme in der Nähe des Kopfschattens nämlich verdecken ihre eignen Schlagschatten, und durch ihre Zwischenräume sind die erleuchteten Seiten der dahinter stehenden Halme sichtbar. Weiter von dieser Richtung entfernt, sind einerseits beleuchtete Theile der hintern Halme durch die vordern dem Auge entzogen, dagegen werden andererseits durch die Zwischenräume Halme gesehen, welche durch die Schlagschatten der vordern verdunkelt werden.“

Es ergiebt sich aus dieser Erklärung leicht, daß jeder Beobachter nur um den Schatten seines eignen Kopfes den Lichtschein beobachten kann und nur auf rauhem oder bewachsenem Erdreich. Daß die Erscheinung nur bei niedrigem Sonnenstande, morgens und abends, bemerkbar ist, hat von Winterfeld ganz

*) Im „deutschen Merkur“, abgedr. in Gilberts Ann. Bd. XVIII (1804), S. 57.

richtig aus dem Umstande erklärt, daß alsdann alle Halme und Erdklümpchen nur halb erleuchtet sind und lange Schlagschatten hinter sich werfen, während bei hohem Sonnenstande die Erleuchtung vollständiger wird und die Schatten sich verkürzen. Bei kurzem Grase, dessen Hälmchen auf den Boden hingestreckt sind, kann man übrigens bei aufmerksamer Betrachtung den Lichtschein auch bei hohem Sonnenstande wahrnehmen. Es befinden sich nämlich hier die Hälmchen in derselben Lage, nahezu senkrecht zur Richtung der Sonnenstrahlen, wie die gewöhnlichen verticalen Halme bei tiefem Sonnenstande.

Der Lichtschein zeigt, besonders auf Wiesen und Saatfeldern, eine Verlängerung über dem Scheitel des Kopfschattens. „Lommel glaubt, daß dieselbe davon herrühre, daß von den vertical stehenden cylindrischen Halmen diejenigen, welche in der Verticalebene der Sonne ... liegen, dem Auge ihre ganze erleuchtete Seite zuwenden, auch wenn ihr scheinbarer Abstand vom Kopfschatten schon sehr beträchtlich ist. Sind die Halme alle nach einer Seite hin geneigt, so neigt sich auch die Verlängerung des Lichtscheines nach dieser Seite hin. Neigt man aber den Kopf zur Seite, so bleibt bei aufrecht stehenden Halmen die Verlängerung des Lichtscheins vertical."

Uebrigens nimmt man, wie Lommel erinnert, den Lichtschein leichter wahr, wenn man geht, als wenn man stehen bleibt.

Von der Erscheinung, die sich auf bethauten Grase zeigt, sagt von Winterfeld nur, daß sie besser in die Augen fällt, ohne die Rolle der Wassertropfen näher zu erklären. Dagegen hat Brandes in Gehler's physik. Wörterb., Art. „Hof", folgende Erklärung aufgestellt: „Wäre die Sonne ein einziger Punkt, so würde genau von dem Thautropfen aus, der mit der Sonne und meinem Auge in gerader Linie liegt, der Lichtstrahl sowohl von der hintern als vorderen Seite in mein Auge zurückgeworfen; wenn nicht gerade an diese Stelle mein Schatten fiele. Jeder in anderer Lage befindliche Thautropfen kann uns nicht beide reflectirte Strahlen zusenden. Für Strahlen, welche von der Sonne kommen, findet eben das wegen ihres erheblichen Durchmessers noch statt, wenn die Thautropfen dem Schatten meines Kopfes nur nahe liegen, für entferntere aber nicht." Nach dieser Erklärung würde man aber, wie Lommel

bemerkt, die ganze Erscheinung nur dann wahrnehmen, wenn der scheinbare Durchmesser des Kopfschattens weniger als 32′, d. h. weniger als der scheinbare Durchmesser der Sonnenscheibe betrüge; es könnte daher der Lichtschein nur bei ganz niedrigem Sonnenstande und in großer Entfernung vom Beobachter sichtbar werden. Dem ist aber nicht so, man kann auf bethauten Grasflächen den Lichtschein ganz in der Nähe und auch bei höherem Sonnenstande beobachten. Bei genauer Beobachtung sieht man auch nicht bloß einen einzelnen Lichtpunkt in jedem Tropfen, wie die Brandes'sche Theorie dies fordert, sondern man bemerkt, „daß jeder Tropfen gleichsam von innen heraus zu leuchten scheint. Auch die große Helligkeit des Lichtes, welches ein solcher Tropfen ins Auge sendet, widerspricht der Annahme, daß es reflectirt sei, da das an Vorder- und Hinterfläche zurückgeworfene Licht zusammgenommen nur etwa 4% des einfallenden ausmacht."

Lommel verwirft daher die Erklärung von Brandes und stellt dafür eine andere auf. Nach dieser „besteht der helle Schein aus dem Lichte, welches durch die Tropfen gebrochen, von deren Unterlage aufgefangen wird und nun durch den Tropfen hindurch wieder gegen die Lichtquelle zurückkehrt; dieses Licht hätte sonach eine viermalige Brechung und eine einmalige diffuse Reflexion erlitten. Mit andern Worten, die Erscheinung beruht auf derselben Ursache, wie das Augenleuchten der Katzen und anderer Thiere, welche auf der Aderhaut statt einer Schicht schwarzer Pigmentzellen eine stark reflectirende Fläche (Tapetum lucidum) haben."

Zur näheren Erläuterung erinnert Lommel daran, daß die Lichtstrahlen durch eine Linse genau auf denselben Wegen, auf welchen sie von einer Lichtquelle zu deren Bilde gelangt sind, auch wieder zurückgehen, falls man das Bild auf einer zerstreuenden Fläche auffängt. „Wenn sich daher die Pupille des Auges in der Lichtquelle selbst befände, und sonach auch ihr Bild in das Bild der Lichtquelle fiele, so würde das Auge sämmtliche Lichtstrahlen in sich aufnehmen, welche von der Stelle des Schirmes, auf welche das Bild der Pupille trifft, durch die Linse nach der Lichtquelle zurückkehren, und müßte daher die Lichtquelle in ihrer ganzen Ausdehnung hell erleuchtet sehen." Man erfüllt diese Bedingungen experimentell, indem

man zwischen das Auge und die Linse einen Planspiegel bringt, welcher seine spiegelnde Fläche gegen die Linse kehrt und gegen die Achse derselben unter 45° geneigt ist, so daß von einer seitwärts stehenden Lichtquelle Strahlen in Richtung der Achse in die Linse gelangen. In der Mitte des Spiegels ist die Belegung beseitigt, damit das in Richtung der Achse befindliche Auge die Linse sehen kann. Bringt man nun hinter der Linse, die durch einen Schirm vor den directen Strahlen der Lichtquelle geschützt ist, einen Papierschirm an und regulirt das Ganze so, daß das virtuelle Spiegelbild der Lichtquelle mit der Pupille zusammenfällt, so wird man die Linse in ihrer ganzen Ausdehnung hell erleuchtet sehen, und zwar am hellsten dann, wenn auf dem Papierschirm ein scharfes Bild der Lichtquelle entsteht. Dieses Leuchten der ganzen Linse beobachtet man, so lange das Zerstreuungsbild der Pupille von dem genauen oder Zerstreuungsbilde der Lichtquelle gedeckt wird. Besonders glänzend gestaltet sich die Erscheinung bei Anwendung von Sonnenlicht. Nimmt man aber den Papierschirm hinter der Linse weg, so zeigt sich im dunkeln Zimmer die Linse völlig dunkel, und man sieht auf ihr nur einen vergleichsweise lichtschwachen Glanzpunkt, entstanden durch Reflexion des Lichtes an der vorderen und hinteren Linsenfläche.

Verschiebt man aber das Auge seitwärts aus der Geraden, welche das Spiegelbild der Lichtquelle mit dem optischen Mittelpunkt der Linse verbindet, so daß das Bild der Pupille theilweise aus dem Bilde der Lichtquelle heraustritt, so wird man die Linse nur noch theilweise erleuchtet sehen, und sie erscheint völlig dunkel, sobald das Auge soweit seitwärts verschoben wird, daß beide Bilder völlig getrennt sind.

Stellt man nun die Linse vor eine Wand, um weniger als die Brennweite von ihr entfernt, und betrachtet sie im vollen Sonnenscheine, so daß der Kopfschatten des Beobachters dicht neben dieselbe fällt, so wird ein Theil des Zerstreuungsbildes der Pupille in den hellen Kreis fallen, den die Linse auf der Wand entwirft, es wird daher ein Theil des Lichtes aus diesem Kreise in das Auge gelangen und man sieht daher einen um so größeren Theil der Linse erleuchtet, je näher sie dem Kopfschatten ist, während in einer gewissen Entfernung die Beleuchtung gänzlich aufhört.

Auf diese Art nun denkt sich Lommel die Entstehung des

„Heiligenscheines" im Wiesenthau. „Jeder Thautropfen erzeugt auf dem Blatte, auf welchem er, ohne dasselbe unmittelbar zu berühren und zu benetzen, gleichsam schwebt, ein unvollkommenes Bildchen sowohl der Sonne als auch der Pupille des Beobachters. Hinter denjenigen Tropfen, welche sich in der Nähe des Kopfschattens befinden, fallen beide Bildchen um so vollständiger zusammen, je näher die Tropfen dem Umrisse des Schattens liegen; diese nächsten Thauperlen strahlen daher in hellem Glanze und erzeugen in ihrem Zusammenwirken den lichten Schein, während entferntere Tropfen, bei welchen die beiden Bildchen nicht mehr zusammenfallen, dunkel bleiben. Der so entstandene Lichtschein erstreckt sich rings um den Kopfschatten auf mehrere Grade scheinbarer Distanz, zeigt aber keine Verlängerung nach oben."

„In den Regentropfen zeigt sich die Erscheinung nur dann, wenn dieselbe gleich Thauperlen auf den unbenetzten Blättern liegen bleiben."

„Die Erscheinung wird am schönsten bei niedrigem Sonnenstande wahrgenommen, weil alsdann der weitentfernte Schatten des Kopfes einen kleineren Sehwinkel umspannt und daher dem Auge die inneren wirksameren Tropfen weniger entzieht.

Lommel erwähnt auch, daß man die Erscheinung künstlich herstellen kann. „Auf einer Spiegelplatte erzeuge man eine große Anzahl Tropfen von Canadabalsam, welche, nachdem sie festgeworden, ebensoviele Linsen darstellen. Betrachtet man die Platte, nachdem man sie dicht vor einem Papierschirm gestellt hat, so daß der Schatten des Kopfes auf sie fällt, so sieht man diesen von einem Kranze herrlich leuchtender Tropfen umgeben, welcher sofort verschwindet, wenn man den Papierschirm wegnimmt und die Platte vor einen freien dunklen Hintergrund bringt. Im letzteren Falle kann man sich auch überzeugen, daß die durch Reflexion entstandenen Glanzpunkte, welche jeder Tropfen zeigt, einen solchen Lichtschein nicht bewirken können."

Mehrfache sich durchkreuzende Regenbogen. Halley scheint der Erste zu sein, von dem uns die Beobachtung dieser Erscheinung bekannt ist. Wie nämlich Brewster in seiner Optik Bd. II, S. 58 der deutschen Ausg. angiebt, erblickte derselbe zwei sich durchkreuzende Regenbogen in Chester am 6. Aug. 1698; der zweite Bogen verdankte seinen Ursprung den Sonnenstrahlen, welche vom Spiegel des Flusses Dee reflectirt wurden. Wiewohl

die ganze Erscheinung sich sehr einfach erklärt, so ist sie immerhin von Interesse wegen der verhältnißmäßigen Seltenheit ihres Vorkommens. Sehr schön beobachtete George J. Romanes dieselbe in Dunskaith, Roßshire, am 10. Juli 1873*); die Sonne stand etwa 8° überm Horizonte und beschien einen heftigen Regenschauer vor einem Hintergrunde von schwarzen Wolken. Der gewöhnliche Regenbogen war doppelt, wie unsere Fig. 34. angiebt, der durch die vom Meere reflectirten Strahlen erzeugte dagegen war nur einfach und hatte eine elliptische Form. Letztere erklärt Romanes durch den Umstand, daß bei der Reflexion wegen des niedrigen Sonnenstandes eine Lichtlinie entsteht. An derselben Stelle wurden im September 1874 sogar zwei gewöhnliche concentrische und zwei durch reflectirtes Licht erzeugte Regenbogen beobachtet; es waren freilich nur kurze Stücken wie Figur 35 zeigt.

Fig. 34.

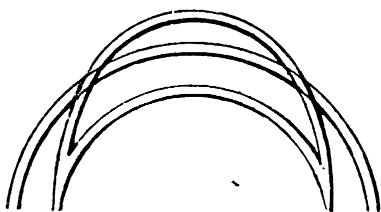
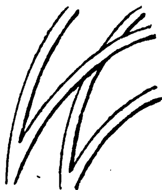


Fig. 35.



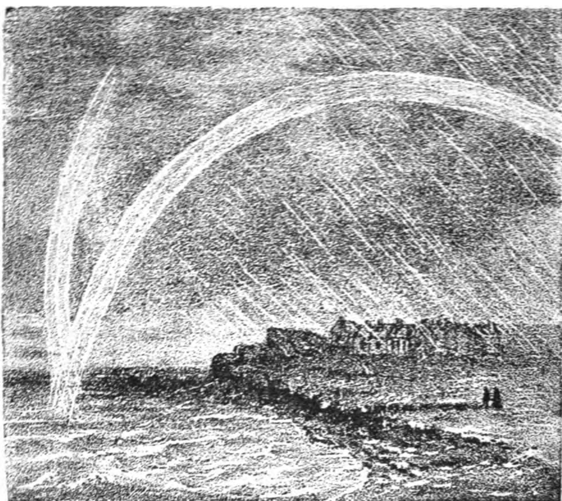
Ferner berichtet Tait**) über die Erscheinung eines doppelten Bogens, welche am 11. September 1874 in St. Andrews beobachtet wurde und welche unsere Fig. 36 nach einer von T. Hodge, Esq., gefertigten Skizze zeigt. Da die Bucht des Eden, deren ruhiger Spiegel das reflectirte Licht für den zweiten Bogen lieferte, ziemlich weit nördwärts vom Beobachter lag, so erschien der zweite Bogen nur unvollständig. Westlich von St. Andrews, wo das reflectirte Licht von dem bewegteren Wasser herrührte, erschien der äußere Bogen beträchtlich breiter als der innere.

*) Nature, 1873 July 17, p. 224 u. 1874 Oct. 15, p. 483.
**) Nature, 1874 Oct. 1, p. 437.

Spectralanalyse.

Wir haben zunächst einiger Versuche zur Construction wirksamer Spectroskope mit einem einzigen Prisma zu gedenken.

Fig. 36.



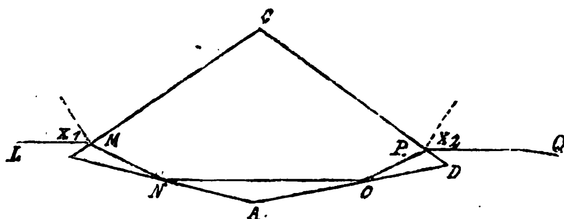
Auf der vorjährigen Versammlung der American Association in Hartford machte Prof. R. E. Rodgers von der Universität von Pennsylvanien auf Prof. A. K. Eatons Spectroskop aufmerksam.*) Es besteht dieses von einem Brooklyner Chemiker erfundene Instrument aus einer dicken Glasplatte mit parallelen Seiten, die mit einem Prisma von Schwefelkohlenstoff oder dichtem Flintglas verbunden ist. Die Dispersion dieses Prismas wird als nahezu viermal so groß als die eines gewöhnlichen Prismas von 60° angegeben, der austretende mittlere Strahl ist dem eintretenden parallel;

*) Nature, 1874 Oct. 1, p. 442.

manche Fraunhofer'sche Linien sind schon mit bloßem Auge sichtbar. Nähere Details werden nicht angegeben.

Das euthyoptrische Spectroskop von Kessler. Das von Emsmann in Stettin angegebene Spectroskop mit nur einem Prisma (s. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 109) hat F. Kessler, Director der Gewerbeschule in Bochum zu einigen Bemerkungen veranlaßt.*) Er findet, daß dasselbe außer dem, freilich nicht hoch anzuschlagenden, Uebelstande der Parallelverschiebung des mittleren Lichtstrahles auch noch den zu besitzen scheint, „daß für alle Farben der Ein- und Austrittswinkel um durchschnittlich etwa 20° differiren, offenbar also das Maximum der Lichtstärke, welches man bei der Gleichheit jener Winkel ... erhält, nicht erreicht ist." Diesen Uebelständen sucht er zu begegnen durch ein Prisma von der del-

Fig. 37.



toidischen Form ABCD Fig. 37, welches zugleich die Anzahl der Reflexionen von drei auf zwei verringert. „Soll dasselbe in Dispersion gleichwirkend mit einem gewöhnlichen Prisma (ohne Reflexion) vom brechenden Winkel γ und für Strahlen, deren Brechungsquotient n ist und welche auf BC oder CD auffallen, euthyoptrisch (von εὐθύς, geradlinig) sein, so ergeben sich die Winkel des Viereckes aus folgenden Gleichungen

$$C = 2 \text{ Arcsin } (n \sin\frac{\gamma}{2}), \quad A - (B + D) = \gamma, \; B = D.$$

Für $\gamma = 60^\circ$ und $n = 1{,}64$ werden

$A = 154^\circ 55'$, $B = D = 47^\circ 27' 30''$, $C = 110^\circ 10'$."

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 507.

In der Figur ist LMNOPQ der Weg des Strahles von der mittleren Brechbarkeit $n = 1{,}64$.

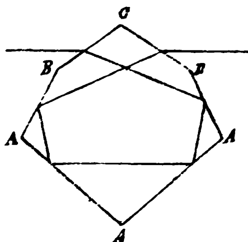
Vergleicht man damit die Wege für rothe und violette Strahlen, deren Brechungsindices $r = 1{,}60$ und $v = 1{,}68$ gesetzt, so findet man für die Winkel x_1 und x_2 die Werthe $51^\circ 14'$ und $59^\circ 18'$, sodaß die Dispersion $8^\circ 4'$ beträgt.

Ueberhaupt tritt bei symmetrischen Prismen immer Dispersion ein, wenn eine gerade Anzahl von Reflexionen stattfindet. Solches ist z. B. der Fall bei dem von Keßler angegebenen sechsseitigen Prisma AAABCD, Fig. 38, wo

$$A = 120^\circ 32', \quad B = D = 151^\circ 7', \quad C = 110^\circ 10'$$

ist. „Wegen der Nähe der Ein- und Austrittsstelle des Lichtstrahles mag dieses Prisma unter Umständen praktische Vortheile bieten."

Fig. 38.

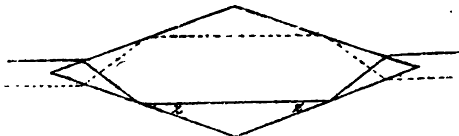


Sieht man ab von der Forderung eines bestimmten brechenden Winkels γ und verlangt man dafür, daß das Prisma, auf beiden Seiten der Längsdiagonale bestrahlt, in gleicher Weise wirken solle, so erhält dasselbe eine rhombische Form, Fig. 39. Der halbe spitze Winkel z ergiebt sich aus der Gleichung

$$\cos z = n \cos 3z,$$

und für $n = 1{,}64$ erhält man $z = 18^\circ 12'$. Ob dieses

Fig. 39.



Prisma — wegen der Größe des Incidenzwinkels — für Spectraluntersuchungen sehr geeignet ist, wagt Keßler nicht zu entscheiden. „Nur würde es die Eigenthümlichkeit besitzen, daß,

wenn man die längere Diagonale genau in die Sehlinie stellt, man zwei symmetrische Spectrentheile erhält, welche in der Mitte mit derjenigen Farbe, deren Brechungsquotient n ist, zusammenstoßen."

Spectroskop mit fluorescirendem Ocular von J. L. Soret.*) Zur Untersuchung des ultravioletten Theiles des Spectrums hat man bisher besonders zwei Methoden angewandt: entweder man bringt eine photographisch präparirte Platte an die Stelle des Fadenkreuzes des Beobachtungsfernrohres an einem gewöhnlichen Spectralapparate und erhält so eine genaue Darstellung des Spectrums, oder man projicirt das letztere auf einen fluorescirenden Körper, wodurch der ultraviolette Theil sichtbar wird. Dieses zweite Verfahren hat nun Soret in der Weise modificirt, daß er in den Brennpunkt der Fernrohrlinse eines Spectralapparates eine Schicht einer durchsichtigen fluorescirenden Flüssigkeit bringt und das Spectrum mit einem gegen die Achse des Fernrohres geneigten Ocular betrachtet. Als fluorescirende Platte kann entweder Uranglas oder eine Flüssigkeit benutzt werden, die zwischen sehr dünne, etwa 1 Millim. von einander entfernte Glasplatten eingeschlossen ist.

Behufs Untersuchung des Sonnenspectrums läßt man auf den Spalt des Spektroskopes ein Strahlenbündel fallen, welches man passend durch eine Linse von großer Brennweite, womöglich von Quarz, vereinigt. Auch ist es zweckmäßig die lichtstärkeren Strahlen des Spectrums durch ein blaues Kobaltglas abzufangen. Das intensivste Spectrum erhielt Soret bei Anwendung einer verdünnten Aesculinlösung als fluorescirende Substanz; dasselbe zeigte die Linien N und selbst noch O sehr deutlich.

Auch über die Benutzung dieses Verfahrens zur Untersuchung des ultravioletten Theiles der Metallspectren hat Soret einige Versuche angestellt, die indessen weniger befriedigten.

Besonders ist diese Methode für das Sonnenlicht anwendbar. Sie läßt das Spectrum von H bis N sehr deutlich erkennen, gestattet leicht Winkelmessungen und ist auch in einem nicht völlig dunkeln Zimmer anwendbar. Wenn sie auch weniger

*) Poggend. Ann. Jubelbd. S. 407.

empfindlich ist als das photographische Verfahren, so ist sie dafür viel handlicher.

Ein einfaches Ocularmikrometer für das Spectroskop, das höchstens dem Schraubenmikrometer an Genauigkeit nachstehen soll, stellt O. N. Rood auf folgende Weise*) her: Eine dünne Silberplatte wird ganz eben gemacht und über einer Lampenflamme mit Ruß und sodann mit schwachem Weingeistfirniß überzogen. Am geraden Rande der schwarzen Fläche sind mit der Theilmaschine feine Linien 1/4 Millim. weit gezogen und mit Benutzung einer Linse die nöthigen Zahlen beigefügt. Die dunkle halbkreisförmige Platte wird dann im Innern eines negativen oder besser noch vor einem positiven Oculare so angebracht, daß sie genau im Focus steht und nicht ganz die Hälfte des Gesichtsfeldes einnimmt. Gegenüber davon, dem Auge etwas näher, ist eine Oeffnung an der Seite der Ocularhülse angebracht, durch welche die Linien hell beleuchtet werden, gewöhnlich bloß durch das diffuse Licht des Zimmers; wenn dieses nicht genügt, durch eine kleine, etwas entfernt stehende Lampe. Indem man mit der Hand die Oeffnung mehr oder weniger schließt, kann man die Beleuchtung reguliren. Die Linien dürfen nicht zu nahe an einander stehen, damit man noch Zehntel des Abstandes schätzen kann.

Rood hat zwei solche von ihm gefertigte Mikrometer zur Zeichnung einer großen Anzahl von Spectren, die durch Prismen und Gitter erzeugt worden waren, namentlich wenn die Linien sehr fein waren, mit gutem Erfolge benutzt.

Diffractionsgitter für Spectroskope, welche 6480 Linien auf den Zoll engl. haben, verfertigt, wie Prof. Young angiebt**), der amerikanische Künstler Chapman. Verbunden mit Collimator und Fernrohr eines gewöhnlichen Spectroskopes liefern sie ein Spectrum erster Ordnung, in welchem die D-Linien doppelt soweit auseinander stehen, als bei Anwendung eines Flintglasprisma's von 60°, und in der Nähe von C ist die Dispersion beinahe so groß wie bei 4 Prismen. Young schließt aus einigen an der Sonne gemachten Beobach-

---

*) Carl's Repertorium X, S. 67.

**) American Journ. of Science, Vol. V, p. 472; Poggend. Ann. Bd. 152. S. 368.

tungen, daß solche Gitter die Prismen vollkommen ersetzten, und Poggendorff macht darauf aufmerksam, daß sie sogar Vorzüge vor den letzteren haben, da sie den Einfluß der Dispersion entfernen, durch den alle prismatischen Spectren immer nur einen individuellen Werth besitzen.

Die Herstellung photographischer Diffractionsgitter hat F. W. Strutt beschrieben.*)

Die geritzte Platte (Strutt bedient sich eines Nobert'schen Gitters mit 3000 Linien auf den Zoll) wird auf eine in gewöhnlicher Weise empfindlich gemachte Glasplatte gelegt und auf derselben ein Negativ verfertigt. Die Anwendung feuchter und trockener empfindlicher Platten giebt nur einen geringen Unterschied in den Resultaten. Die photographirten Gitter gaben vortreffliche Spectren, die denen geritzter Gitter nur wenig nachstanden. Im Laufe der Untersuchung wurden auch Platten angewendet, die mit einer Schicht bichromatisirter Gelatine überzogen waren. Man erhielt dadurch Gitter von vorzüglicher Durchsichtigkeit, die noch besser waren, als die gewöhnlichen Photographien; ja die besten schienen sogar die Originale auf Glas zu übertreffen. Ihre Darstellung ist indessen mit einiger Unsicherheit verbunden. Dieselben können sehr gut in gewöhnlichen Spectroskopen statt der Prismen verwendet werden. Man kann auf diese Weise ohne Zweifel Gitter von 6000 Linien auf den Zoll herstellen. Bei der geringen Dicke des Glases, auf dem sie angebracht sind, ist auch die Absorption der Lichtstrahlen sehr schwach. Für Untersuchungen über strahlende Wärme können sie die kostbaren und unbequemen Bergkrystallprismen ersetzen.

Auch Lord Rayleigh hat sich über die Anfertigung derartiger Gitter in einer längeren Arbeit verbreitet.**)

Einen einfachen Apparat zur Photographirung des Spectrums stellt Herm. W. Vogel in Berlin her,***) indem er ein Browning'sches Taschenspectroskop a, Fig. 40, luftdicht in einem durchbohrten Korke befestigt und diesen luftdicht in die Oeffnung einer kleinen photographischen Camera

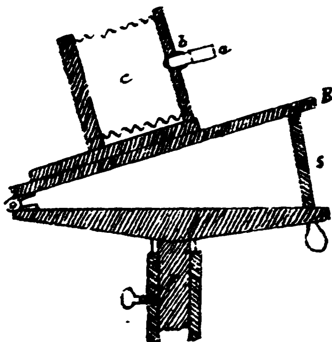
*) Proceedings of the Royal Soc. Vol. XX, p. 414; im Auszuge in Poggend. Ann. Bd. 152, S. 175.

**) Philos. Mag. Vol. XVLII, fourth series, p. 81 u. 119.

***) Poggend. Ann. Bd. 154, S. 306.

e ohne Objectiv steckt, das Ganze auf das Brett B eines gewöhnlichen photographischen Stativs setzt und mittels einer Schraubenzwinge befestigt. Die Schraube s gestattet das Brett B mehr oder weniger zu neigen, eine Hülse dient zur Drehung um den Fuß f. Man kann so die Camera ohne weitere Hülfsmittel auf die Sonne richten. Behufs scharfer Einstellung reibt man die matte Seite der matten Scheibe der Camera mit Oel ein, so daß sie fast durchsichtig wird und zieht dann das äußere Rohr des Taschenspectroskopes ein Wenig heraus. Bei gewisser Stellung erscheinen die Spectrallinien, die man am besten mit einer Lupe beobachtet, vollkommen scharf. Vogel erhielt u. A. mit einem solchen Apparate in 3 Minuten auf Naphtalinroth-Bromsilber ein Bild des Spectrums von H bis D.

Fig. 40.



Polarisation, Doppelbrechung, Dichroismus.

Reflexion des Lichtes von festem übermangansauren Kali. Es ist früher von Stokes beobachtet worden, daß in dem Spectrum dieses Lichtes dunkle Streifen auftreten, welche sich bei einem gewissen Einfallswinkel am deutlichsten zeigen. Ferner sollen die Minima der Helligkeit im Spectrum des reflectirten Lichtes den von übermangansaurem Kali am stärksten durchgelassenen Strahlengattungen entsprechen. Diesen Gegenstand hat Dr. Eilhard Wiedeman in Leipzig weiter verfolgt*) und außer dem an der Grenze von übermangansaurem

*) Berichte über die Verh. der sächs. Ges. der Wissensch. Math. phys. Classe. Bd. 25, S. 367.

Kali und Luft reflectirten Licht auch das an der Grenze von Benzin, Schwefelkohlenstoff und einem Gemisch beider Körper und des obigen Salzes reflectirte Licht untersucht. Außerdem wurde auch die Polarisation des auffallenden Lichtes berücksichtigt.

Die Lage der Streifen in reflectirten Lichte bei ziemlich großen Einfallswinkeln giebt die folgende Tabelle, und zwar unter A für das parallel zur Einfallsebene polarisirte Licht unter B für das senkrecht zu derselben polarisirte. Zum richtigen Verständniß ist noch zu erwähnen, daß die Fraunhofer'schen Linien den Strichen der angewandten Scala folgendermaßen entsprechen: D=0, E=18, b=21, F=23.

	A						B						
Luft . . .	7	14	22	28 1/2			3 1/2	9 1/2	16 1/2	24	32	38 1/2	
Benzin . .	7 3/4	15	23 1/4	30	37		3 1/2	9 1/2	16 1/2	24	32	38	
Gemisch von Benzin u. Schwefelkohlenstoff	8 1/2	15 1/2	23 1/2	31 1/2	38 1/2	45	4	9 1/4	16 1/2	24 1/4	32	39	45 1/2
Schwefelkohlenstoff . .	8 1/2	16	24 1/2	32	39 1/2	47	3 1/2	9 1/4	16 1/2	24 1/2	32	39 1/2	47

Im durchgehenden Lichte haben die Absorptionsstreifen folgende Lage:

$4^3/_4 \quad 11^1/_4 \quad 18^1/_2 \quad 26^1/_4 \quad 33^1/_4.$

Es sind demnach bei großen Einfallswinkeln die Streifen in dem senkrecht zu der Einfallsebene polarisirten Licht gegen die in dem parallel zu dieser Ebene polarisirten Lichte gegen das Blau hin verschoben, und außerdem erscheint in dem ersteren ein Streifen mehr in der Nähe von D. Ferner erleiden die Streifen in dem parallel zur Einfallsebene polarisirten Lichte mit der Zunahme des Brechungsindex des umgebenden Mediums eine Verschiebung gegen das Blau hin, wogegen sie in dem senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichte ihre Lage wenig oder gar nicht ändern. Die Beobachtung der Streifen jenseits F ist ziemlich schwierig.

Eine Vergleichung der im durchgegangenen und der im reflectirten Lichte enthaltenen Streifen zeigt, daß nie zwei solche Streifen sich decken, daß aber auch nicht die ersteren in der Mitte zwischen je zweien der letzteren liegen.

Von dem Einfallswinkel ist die Lage der Streifen in dem natürlichem wie in dem parallel zur Einfallsebene polarisirten Lichte so gut wie unabhängig. In dem senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Licht dagegen haben die Streifen bis zu einem bestimmten Einfallswinkel, der für

Luft	Benzin	Schwefelkohlenstoff
57 1/2°	etwa 52°	etwa 52°,,

beträgt, dieselbe Lage, wie in dem parallel zur Einfallsebene polarisirten Lichte und erleiden dann bei einer kleinen Aenderung des Einfallswinkels plötzlich eine Verschiebung, die sich besonders durch das Auftreten des oben unter B in der ersten Verticalcolumne verzeichneten Streifens kennzeichnet. Die Angaben obiger Tabellen beziehen sich auf Winkel, welche die hier genannten Grenzen übersteigen.

Aehnliche Erscheinungen zeigt auch das übermangansaure Ammoniak; doch waren wegen der großen Zersetzbarkeit Messungen nicht ausführbar.

Eine umfassende Arbeit über das an der Oberfläche isotroper Körper reflectirte Licht hat G. Lundquist in Upsala veröffentlicht.*) Aus ihr mag das Folgende hier Platz finden.

Airy entdeckte 1822 die Eigenschaft des Diamantes, die geradlinige Polarisation eines einfallenden Lichtbündels in eine elliptische zu verwandeln, wofür nachher die Theorien von Green und Cauchy Erklärungen gaben. Nach Green's Theorie wird das geradlinig polarisirte Licht durch Reflexion an allen Körpern elliptisch polarisirt, und zwar um so mehr, je größer der Brechungsindex ist, von welcher Größe allein die Intensität und der Zustand des reflectirten und gebrochenen Lichtes abhängt. Bei Cauchy dagegen tritt in den Formeln noch eine andere Größe, die Ellipticitätsconstante auf, und das Licht wird nach dieser Theorie durch Reflexion nur dann elliptisch polarisirt, wenn diese Constante von Null verschieden ist. Beiden Forschern zufolge geht der Aether aus dem Zustande, in welchem er sich in einem Mittel befindet, sehr plötzlich in denjenigen über, in welchem er in einem andern

*) Nova Acta Reg. Soc. Upsal. Ser. III; Poggend. Ann. Bd. 152, S. 177, 398 u. 565.

vorkommt; beide nehmen zudem an, daß die Schwingungen der Lichtstrahlen longitudinale Schwingungen an der reflectirenden Oberfläche erzeugen, aber in den Hypothesen über die Fortpflanzung dieser letzteren weichen sie von einander ab.

Dale hat 1846 gefunden, daß außer dem Diamant auch noch eine Anzahl anderer Körper mit großem Brechungsindex durch Reflexion elliptisch polarisirtes Licht erzeugen, und später (1850) hat Jamin erkannt, daß diese Art der Polarisation allgemein durch Reflexion des Lichtes an der Oberfläche durchsichtiger Körper entsteht. Seine Messungen stimmten mit Cauchy'schen Formeln überein; nur bezüglich der Relation, welche nach der Theorie zwischen den relativen Werthen der Ellipticitätscoëfficienten stattfinden muß, brachte die Erfahrung keine Bestätigung. Aus Jamins Versuchen ergiebt sich, daß der immer sehr kleine Ellipticitätscoëfficient im Allgemeinen mit dem Brechungsindex wächst, wie es die Green'sche Theorie angiebt, ohne indessen von dieser Constanten allein abzuhängen; und daß dieser Coëfficient für gewisse Körper, die das Licht wenig brechen, negative Werthe annimmt. Diese Thatsachen hatte Cauchy's Theorie nicht vorausgesehen.

Haughton hat später (1853) gezeigt, daß die Green'schen Formeln immer eine zu große Ellipticität geben, während andererseits Quincke (1866) die Cauchy'schen Formeln bis auf den vorhin erwähnten Punkt, gleich Jamin, in Uebereinstimmung mit der Erfahrung fand. Seine Beobachtungen führten ihn zu dem Schlusse, daß die Dicke der intermediären Schicht, in welcher der Uebergang des Aethers des einen Körpers in den des andern stattfindet, eine nicht zu vernachlässigende Größe sei. Diesen Satz hatte schon früher (1860) Lorenz ausgesprochen, welcher sogar versuchte, aus demselben die durch Reflexion an durchsichtigen Körpern erzeugte elliptische Polarisation in ihrer Totalität zu erklären. Neuerdings (1872) ist Potier der Lorenz'schen Meinung beigetreten und hat experimentell nachgewiesen, daß die Dicke jener Uebergangsschicht wenigstens nicht als unendlich klein anzusehen ist. Lorenz hat auch begründete Einwürfe gegen die von Cauchy, betreffs der Longitudinalschwingungen gemachten Voraussetzungen erhoben, und in dieser Hinsicht ist ihm 1871 Strutt beigetreten, der noch einige neue Einwürfe hinzugefügt hat. Strutt vertheidigt

auch die Green'sche Theorie, und um dessen Formeln der Erfahrung anzupassen, macht er die Annahme, daß die intermediäre Schicht, in welcher die totale Veränderung des Aethers vor sich geht, so dünn sei, daß man ihren Einfluß auf die transversalen Schwingungen, welche dieselbe sehr rasch durchlaufen, vernachlässigen darf. Anders ist es bei den longitudinalen Schwingungen, welche sich hauptsächlich in dieser Schicht von veränderlicher Dichte fortpflanzen. Strutt kommt auf diese Weise dahin, die Green'schen Formeln so umzugestalten, daß sie der Erfahrung entsprechen. Nur das Negativwerden des oben erwähnten Coëfficienten bei gewissen Flüssigkeiten erklärt sich nicht unmittelbar. Strutt ist geneigt, diese Erscheinung der Wirkung der an der Oberfläche der Körper condensirten Luftschicht zuzuschreiben; dagegen glaubt Lundquist mit mehr Grund vermuthen zu dürfen, „daß dieses Phänomen einigermaßen verknüpft sei mit der Oberflächenspannung der Körper, die für die Flüssigkeit hinreichend erwiesen ist und deren Dasein selbst bei starren Körpern durch die Versuche des Herrn Quincke wahrscheinlich gemacht ist." Es könne nämlich der Ellipticitätscoëfficient negativ werden, wenn diese Spannung von einer Verdichtung der oberflächlichen Schicht des reflectirenden Körpers begleitet wäre. Nun nehme man allerdings gegenwärtig ziemlich allgemein an, daß die Dichte dieser Schicht geringer sei als die des Innern; experimentell erwiesen sei aber diese von Poisson herstammende Voraussetzung nicht und Hagen sei auch entgegengesetzter Meinung. Bemerkenswerth sei folgende Thatsache: Bis jetzt sind sowohl auf Polarisation durch Reflexion als auch auf Capillarität untersucht worden: Wasser, Aether, Jodwasserstoff, Benzoë-Aether, Terpentinöl, Amylen und einige andere Flüssigkeiten; beim Wasser, dessen Ellipticitätscoëfficient negativ ist, hat der Capillaritätscoëfficient, der nach Hagen die oberflächliche Spannung repräsentirt, den Werth 7,5, während er bei den übrigen Substanzen, die im Bezug auf Reflexion sämmtlich positiv sind, viel kleiner, zwischen 1,8 und 3,7 schwankende Werthe hat.

Lundquist kommt schließlich zu dem Resultate, „daß die elliptische Polarisation, welche durch die Reflexion an durchsichtigen Körpern erzeugt wird, eine ziemlich verwickelte Erscheinung ist, deren Ursachen noch nicht alle wohl bekannt sind; daß in-

dessen die von Strutt modificirten Green'schen Formeln, obwohl diese Modification noch nicht auf eine vollkommen strenge Weise durchgeführt ist, die Resultate der Versuche auf eine sehr genügende Weise erklären."

Was ferner die durch Reflexion des Lichtes an Metallen erzeugte elliptische Polarisation anlangt, so wurde dieselbe 1815 von Brewster entdeckt und genau studirt. F. Neumann suchte 1832 die Ergebnisse dieser Untersuchungen auf gewisse einfache Principien zurückzuführen und gab empirische Formeln an, welche die Beobachtungen hinreichend genau darstellten; endlich wurden von Mac Cullagh, Cauchy und O'Brien Versuche zur Aufstellung einer mathematischen Theorie gemacht. Mac Cullagh hat seine Formeln hauptsächlich gestützt auf die Induction und die Analogie, welche die Metallreflexion mit der totalen Reflexion darbietet. Er erhielt so Formeln, welche mit den Cauchy'schen übereinstimmten. Cauchy seinerseits hat gesucht, die Erscheinungen der Metallreflexion zurückzuführen auf eine Theorie, die hervorgeht aus einer Verallgemeinerung der von ihm für durchsichtige Körper aufgestellten. Den Beweis seiner Formeln hat er allerdings nie gegeben, doch aber die Principien kennen gelehrt und darnach haben Beer und Eisenlohr Beweise gefunden. In anderer Weise setzt Lundquist die Cauchy'schen Formeln auseinander. Diese Formeln sind durch die Arbeiten von Jamin über die Metallreflexion bestätigt worden; auch die Versuche von de la Provostaye und Desains über die Reflexion der strahlenden Wärme haben Resultate ergeben, die mit den aus Cauchy's Formeln abgeleiteten übereinstimmen. Endlich hat auch Quincke bei seinen Untersuchungen der Reflexion und Refraction bei Metallen erkannt, daß die Cauchy'schen Formeln die Resultate der Erfahrung auf eine genügende Weise darstellen, nicht allein für die gewöhnliche Reflexion, sondern auch für die Reflexion an sehr dünnen und durchscheinenden Metallblättchen. Das schwierige Problem, den Refractionsindex der Metalle direct zu messen, hat Quincke zwar versucht, aber noch nicht auf definitive Weise gelöst.

Zuletzt behandelt Lundquist die Reflexion des Lichtes an unvollkommen durchsichtigen und nicht metallischen Körpern. Die englischen Physiker Powell und Dale haben

zuerst (1843) bei einer großen Anzahl mehr oder weniger opaker Substanzen das Dasein der elliptischen Polarisation im reflectirten Lichte nachgewiesen. Die meisten dieser Körper enthielten freilich ein Metall, dem man die Eigenschaft, das Licht elliptisch zu polarisiren, zuschreiben konnte; doch zeigte sich die Erscheinung auch bei metallfreien Substanzen, wie Tusche und Indigo. Nachher erkannte Jamin, daß alle Körper, unvollkommen, wie vollkommen durchsichtig durch Reflexion die geradlinige Polarisation in elliptische verwandeln, und er zeigte auch, daß die von Cauchy für vollkommen durchsichtige Körper aufgestellten Formeln ebensogut für die Reflexion an wenig durchsichtigen gelten. Doch zeigt keine der von Jamin untersuchten Substanzen die Erscheinung der Oberflächenfärbung. Die Körper, welche diese Erscheinung besitzen, verhalten sich, wie aus den Untersuchungen von Haidinger und Stokes hervorgeht, gegen die Strahlen gewisser Farben wie metallische Substanzen, indem sie ihnen eine sehr elliptische Polarisation ertheilen, gegen die Strahlen anderer Farben aber wie durchsichtige Körper. Zwei hierher gehörige Körper, Indigo und Eisenglanz hat van der Willigen untersucht und gefunden, daß der Hauptwerth des Einfallswinkels abnimmt mit der Wellenlänge für diejenigen Farben, denen gegenüber die Substanzen ein starkes Reflexionsvermögen besitzen, sich also wie Metalle verhalten, daß aber dieser Werth für die übrigen Farben constant bleibt oder mit der Wellenlänge wächst. Diese Gesetze werden auch durch Untersuchungen von E. Wiedemann über die elliptische Polarisation durch Reflexion an Anilinroth und Anilinviolett bestätigt. Wiedemann hat es unterlassen, die theoretischen Formeln mit den Ergebnissen der Erfahrung zu vergleichen. Es ist nun zwar zu vermuthen, daß die Formeln für die Metallreflexion auch noch gelten für die Reflexion an Körpern mit Oberflächenfarben, sobald es sich um Farben handelt, denen gegenüber diese Substanzen sich wie Metalle verhalten; andererseits darf man aber eine solche Uebereinstimmung bei den übrigen Farben nicht erwarten, denn es läßt sich leicht zeigen, daß bei der Reflexion an gewissen opaken Körpern Phänomene auftraten, von denen jene Formeln keine Rechenschaft geben.

Um nun die Ursachen, welche die elliptische Polarisation

des reflectirten Strahles bedingen, genauer zu erforschen und besonders um zu ermitteln, bis wieweit die theoretischen Formeln von der Erfahrung bestätigt werden, hat Lundquist vor einigen Jahren Untersuchungen über die Reflexion an der Oberfläche verschiedener opaker Substanzen, besonders des durch Christiansen's Entdeckung der anomalen Dispersion merkwürdigen Fuchsins, angefangen. Dasselbe wurde in fester Form untersucht, abgelagert auf der Hypotenusenfläche eines Glasprismas, so daß die Reflexion an der gemeinschaftlichen Fläche beider Körper stattfand.

Es ergab sich hiernächst wieder das von van der Willigen beim Eisenglanz und Indigo gefundene Gesetz. Die Hauptincidenz, fast constant im Violett, wo die Ellipticität des reflectirten Lichtes verhältnißmäßig klein ist, wächst vom Indigo zum Orange, d. i. in dem Theile des Spectrums, welches die Strahlen enthält, denen das Fuchsin eine deutliche elliptische Polarisation ertheilt; sie erreicht ihren größten Werth bei der Linie D, um darauf im Roth abzunehmen. Das Fuchsin verhielt sich bei den Versuchen gegenüber den rothen Strahlen wie eine Substanz mit negativer Reflexion. Diese Erscheinung kann sich sonach an der Oberfläche zweier Substanzen in festen Zustande selbst für einen Index, der größer als Eins ist, darbieten. Dagegen ist die Reflexion an Fuchsin in der Luft für alle Farben positiv, wie dies die Untersuchungen von Wiedemann bewiesen haben.

Im Allgemeinen findet Lundquist, daß die für die Metallreflexion aufgestellten Formeln die Beobachtungen immer mit Genauigkeit darstellen, so lange die Incidenz größer ist als 50°; daß sie aber auf Werthe unter 45° nur anwendbar sind, wenn das Hauptazimuth beträchtlich genug ist. Man wird dadurch zu der Annahme geführt, daß die von Jamin an mehreren opaken Substanzen, wie Selen, Steinkohle, Anthracit, Asphalt, Gastheer u. s. w. beobachtete Ellipticität zum Theil der Auslöschung des gebrochenen Strahles zugeschrieben werden muß, obwohl Jamin gezeigt hat, daß die Phänomene der Reflexion an diesen Körpern durch die für durchsichtige Substanzen aufgestellten Formeln dargestellt werden.

Eine anderweite Bestätigung der erwähnten Formeln gewann Lundquist durch directe Messung der Intensität der

Strahlen. Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich, daß bei einfallendem weißen Licht die Farbe des reflectirten Strahles sich mit der Incidenz ändern muß. Das Fuchsin reflectirt bei normaler Incidenz mehr grünes und gelbes Licht als blaues, während bei 80° das Umgekehrte stattfindet. Da nun Roth und Violett nur zu einem schwachen Theile in das reflectirte Licht eintreten, so kann man daraus schließen, daß die Farbe des auf Glas ausgebreiteten Fuchsins, wenn man es durch ersteres betrachtet, sich mit wachsender Incidenz von Grün in Blau verändert und bei der streifenden Incidenz weiß wird, was auch mit der Erfahrung übereinstimmt.

Zum Schlusse macht Lundquist noch einige Bemerkungen über das Verhältniß zwischen Reflexions- und Absorptionsvermögen.

Den Zusammenhang zwischen der Drehung der Polarisationsebene und der Wellenlänge der verschiedenen Farben hat Ludwig Boltzmann in Wien*) untersucht und gefunden, daß der Drehungswinkel φ, um den ein Quarz von der Dicke eines Millimeters die Polarisationsebene einer Farbe von der Wellenlänge λ dreht, sich durch die Formel

$$\varphi = \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\varphi^4}$$

darstellen läßt, wo B und C constant sind. Auch die Jamin'schen Beobachtungen über Weinsäure lassen sich durch diese Formel genauer darstellen, als durch die früher angewandten. Es hat nämlich anfangs Biot

$$\varphi = \frac{B}{\lambda^2}$$

gesetzt; da aber die genaueren Messungen von Broch sich durch diese Formel nur sehr unvollkommen darstellen ließen, so schlug v. Lang die allgemeinere

$$\varphi = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

vor. Dieselbe enthält ebensoviel Constante als die Boltzmann'sche, aber letztere stellt die Beobachtungen viel genauer dar. Boltz-

---

*) Poggend. Ann, Jubelbd., S. 128.

mann ist durch theoretische Betrachtungen auf diese Formel gelangt. „Berechnet man nämlich die Wellenlänge des Lichtäthers nach den gewöhnlichen Formeln, indem man die Distanz zweier Aethertheilchen als verschwindend klein voraussetzt, so findet man, daß eine Drehung der Polarisationsebene so wenig möglich ist, als eine Farbenzerstreuung durch Brechung. Die Drehung der Polarisationsebene kann daher wie die Farbenzerstreuung nur daher rühren, daß durch die Körpermoleküle im Aether periodische Dichtigkeitsveränderungen erzeugt werden, deren Dimensionen nicht gegen die Wellenlänge verschwinden, und zwar werden solche Dichtigkeitsveränderungen eine Drehung der Polarisationsebene zur Folge haben, welche mit ihren Spiegelbildern nicht völlig congruent, sondern nur symmetrisch sind, wie eine rechts laufende Schraube mit ihrem Spiegelbilde (der links laufenden) bloß symmetrisch ist. Wenn auch hiermit noch nicht gesagt ist, wie derartige Dichtigkeitsveränderungen der Rechnung zu unterziehen sind ...., so ist doch soviel klar, daß die Drehung der Polarisationsebene bloß daher rührt, daß die Wellenlänge nicht mehr sehr groß ist gegenüber den Dimensionen der Wirkungssphäre eines Moleküles. Daraus folgt, daß sie für große Wellenlängen verschwinden muß", was bei der v. Lang'schen Formel nicht der Fall ist, wohl aber bei der Boltzmann'schen.

Optisches Drehvermögen des Mannits.*) Nach Biot erhöht die Borsäure das optische Drehungsvermögen der Weinsäure, nach Pasteur auch dasjenige der Apfelsäure. Es hat nun Vignon neuerdings darauf aufmerksam gemacht, daß die Borsäure sowie das borsaure Natron dieselbe Eigenschaft auch im Bezug auf den Mannit besitzen, der an sich ein so schwaches Drehungsvermögen hat, daß es nach Bichat's Angabe erst in einer 4 Meter langen Röhre hervortritt. Auch der Nitromannit und die meisten Derivate des Mannits besitzen nach Loir optisches Drehvermögen.

Drehungsvermögen unterschwefligsaurer Salze. In Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Pape und entgegen den Angaben von Senarmont hat Bichat gefunden**), daß die Hyposulfate von Kali, Blei,

*) Comptes rendus, 1873 nov. 17. p. 1191.
**) Comptes rendus, 1873 nov. 17, p. 1189.

Kalk und Strontium wirklich Drehvermögen besitzen. Er findet dasselbe beim Kalisalz = 40, beim Bleisalz = 21 und beim Strontiansalz = 8, wenn das des Quarzes = 100 angenommen wird. Wie Pape findet er, daß die Krystalle des Kalisalzes einachsig sind, nicht zweiachsig wie Rammelsberg und Gmelin angegeben haben. Auch ist es Bichat geglückt, die sonst immer mit dem Drehvermögen verbundene Hemiëdrie durch Auffindung kleiner plagiëdrischen Facetten auch bei den Hyposulfaten, namentlich beim Kali- und Bleisalz, nachzuweisen, was Pape nicht gelungen war. Wenn die großen Krystalle des Kalisalzes von Natur keine hemiëdrischen Flächen zeigen, so glaubt Bichat, daß sie dieselben im Innern besitzen, weil sie sich nach Pasteur's Verfahren künstlich hervorrufen lassen.

Temporärer Dichroismus, hervorgebracht durch Zug. Während es leicht möglich ist, in isotropen Körpern durch Pressung oder Zug Doppelbrechung hervorzurufen, war es bisher nicht gelungen, auf gleiche Weise eine Erscheinung zu veranlassen, welche häufig die Doppelbrechung begleitet, den Dichroismus. Aug. Kundt hat sich lange Zeit vergeblich bemüht, durch Pressen oder Erhitzen gefärbter Gläser denselben zu erhalten. Und doch kann man aus theoretischen Gründen schließen, daß solcher temporärer Dichroismus möglich ist. „Wird ein isotroper Körper gepreßt oder gezogen, so daß er die Eigenschaft erhält, das Licht doppelt zu brechen, so wird im Allgemeinen die Größe der Doppelbrechung nicht für sämmtliche Schwingungsdauern gleich sein, es wird im Allgemeinen die Dispersion der Substanz für die beiden Strahlenpartien, in die ein einfallendes Lichtbündel zerlegt wird, ungleich sein. Da nun .... ein inniger Zusammenhang besteht zwischen Absorption und Dispersion des Lichtes, so wird man schließen müssen, daß wenn für die beiden Strahlenpartien, welche in Folge der Doppelbrechung auftreten, die Dispersion stark verschieden ist, auch die Absorption für diese beiden Strahlen stark verschieden sein wird."

Schließlich hat denn auch Kundt einige Substanzen gefunden, bei denen temporärer Dichroismus sehr schön und deutlich auftritt: Kautschuk und Guttapercha.

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 125.

„Schneidet man von dem braunen Plattenkautschuk, wie derselbe überall käuflich ist, ein Streifchen, zieht dasselbe zwischen den Fingern aus und untersucht mit der dichroskopischen Lupe, so erhält man sehr starken Dichroismus.“ Einzelne Kautschuksorten zeigen die Erscheinung schwächer als andere, doch konnte Kundt sie bei allen wahrnehmen. Wo sie am stärksten auftrat, war das eine Bild dunkelbraun, das andere fast strohgelb; der Strahl, dessen Schwingungen in die Zugrichtung fielen, war der stärker absorbirte. Mit dem Aufhören des Zuges hört auch der Dichroismus auf.

Um an Guttapercha die Erscheinung zu zeigen, schneidet man von denselben ein dünnes Streifchen, erwärmt etwas, um die Substanz elastischer zu machen, und zieht sie dann aus.

Kundt hat auch elastischen Leim, durch Zusatz von Glycerin zu einer sehr eingedickten Leimlösung erhalten, mit verschiedenen Färbemitteln in flüssigem Zustande gefärbt und dann nach dem Erkalten auf temporären Dichroismus untersucht. Dieser Leim war fast wie Kautschuk elastisch und zeigte starke Doppelbrechung, aber nur bei Zusatz einiger färbenden Substanzen. Spuren von Dichroismus. Nur einige Male erhielt Kundt an Stellen, wo der Farbstoff sehr dunkel geworden war und sich anscheinend verändert hatte, starken temporären Dichroismus.

Farbenlehre.

Das Gesetz der Farbenmischung und die physiologischen Grundfarben.*) Für das Gesetz der Farbenmischung war bis jetzt noch kein einfacher Ausdruck weder in Worten noch in Formeln aufgefunden worden, sondern man bediente sich zur Darlegung desselben der Newton'schen Farbentafel. Die physikalischen Voraussetzungen, auf denen die Anwendbarkeit dieses Bildes beruht, sind von Graßmann erörtert worden und Helmholtz und Maxwell haben experimentell die Uebereinstimmung diese Voraussetzungen und der aus ihnen fließenden Folgerungen mit den Thatsachen nachgewiesen.

Zunächst ergiebt sich aus diesen Untersuchungen der schon von Newton erkannte Satz, daß durch Mischung von Farben

*) Poggend. Ann. Bd. 150, S. 71 und 221.

im Allgemeinen keine neuen Farben entstehen, sondern daß, mit Ausnahme des Purpur und Weiß, alle Mischfarben einen Repräsentanten im Spectrum besitzen, von dem sie sich nur durch geringere Sättigung unterscheiden. Alle Farbenempfindungen, mit Ausnahme des Weiß und der Purpurtöne, lassen sich durch Mischung einer Spectralfarbe mit Weiß hervorrufen, Purpur entsteht durch Mischung zweier Complementärfarben kann aber auch aus mehreren Farben erzeugt werden.

Da jede Spectralfarbe durch ihre Helligkeit J und ihre Schwingungszahl n (Purpur durch die Schwingungszahl n* des complementären Grün) bestimmt ist, während beim Weiß nur die Helligkeit J_0 in Betracht kommt, so muß der analytische Ausdruck des Farbenmischungsgesetzes die Größen J, n und J_0 einer Mischfarbe durch die entsprechenden Größen J', n', J_0'; J'', n'', J_0'' u. s. w. ihrer Componenten darstellen. Einen solchen Ausdruck hat nun Wilh. von Bezold a. a. O. gesucht; zugleich hat er gezeigt, „daß die Young-Helmholtz'sche Theorie der physiologischen Grundfarben, welche in neuerer Zeit immer mehr Anklang und immer neue Stützpunkte findet, mit Leichtigkeit auf die allgemeine Form dieses Ausdruckes führt, und daß unter allen Formeln, welche sich unter diese allgemeine Form bringen lassen, die einfachste mit den Beobachtungen am besten übereinstimmt.

Zum besseren Verständnisse rufen wir uns zunächst die von Graßmann discutirten Sätze ins Gedächtniß, auf denen Newton's Verfahren zur Bestimmung der Mischfarbe beruht

Fügt man den Spectralfarben noch den aus Roth und Violett gemischten Purpur hinzu, so bilden sie eine in sich zurücklaufende Reihe mit allmäligen Uebergängen. Es lassen sich nun sämmtliche Farbenempfindungen derart in eine Ebene darstellen, daß man alle Spectralfarben und Purpur auf dem Umfange einer allseitig umschlossenen Fläche ordnet und dem Weiß einen Punkt im Innern giebt. Giebt man dann drei Spectralfarben, welche, im richtigen Verhältniß gemischt, Weiß geben, drei beliebige Stellen N_1, N_2, N_3 auf dem Umfange und setzt man für jede ein Maß der Intensität fest, so kann man die Mischfarbe, welche sie hervorbringen, wenn sie mit den Intensitäten P_1, P_2, P_3 gemischt werden, in den Schwerpunkt setzen, welcher die in den Punkten N_1, N_2, N_3 wirkenden Ge-

wichten P_1, P_2, P_3 zukäme. Hierdurch ist die Lage aller übrigen einfachen und gemischten Farben, mithin auch die des Weißen, in der Farbentafel eindeutig bestimmt, ebenso das Maß ihrer Helligkeit. Man findet ferner die Mischfarben von beliebigen gegebenen Farben, wenn man sich an die ihnen zukommenden Stellen Gewichte gesetzt denkt, die ihren Helligkeiten proportional sind; im Schwerpunkte dieser Gewichte liegt dann die Mischfarbe. Auf Geraden, welche durch den Punkt des Weiß gehen, liegen auf entgegengesetzten Seiten complementäre Farben. Alle Farben, welche man durch Mischung aus Weiß mit einer bestimmten Spectralfarbe oder Purpur bilden kann, liegen auf der Geraden, welche das Weiß mit der betreffenden Farbe verbindet. Alle solche Farben besitzen denselben Ton aber verschiedene Sättigung; ersterer ist bestimmt, durch die Schwingungszahl n (Purpur durch die Schwingungszahl der Complementärfarbe n*).

Das Maß der Helligkeit für drei Farben, welche verschiedenen Farbentönen angehören, wurde vorhin willkürlich angenommen, was für den Werth der Farbentafel von besonderer Bedeutung ist, da die Messung der Helligkeit verschiedener Farben auf große Schwierigkeiten stößt. „Nichts desto weniger können wir auch bei Farben, welche verschiedenen Tönen angehören, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, Vergleiche über ihre Helligkeit anstellen. So kann man z. B. in vielen Fällen von zwei verschiedenen Farben mit Bestimmtheit sagen, daß die eine oder die andere die dunklere sei." Man kann daher von einem gemeinschaftlichen Helligkeitsmaße verschiedener Farben sprechen, selbst wenn die Ausführung solcher Messungen nur sehr ungenau möglich ist, und man kann demnach auch bei der Mischung solcher Farben diejenigen als gleich hell ansehen, also mit gleichem Gewicht in die Formel einführen, welche dem Auge als gleich hell erscheinen. Die nach willkürlichem Maße gemessenen Intensitäten mögen durch P, die nach dem Maße scheinbar gleicher Helligkeit gemessenen mit J bezeichnet werden. Dann ist J unabhängig vom Farbenton, nicht aber P, und es ist $P = cJ$, wo c eine vom Farbenton abhängige Constante bedeutet, welche für drei Töne willkürlich, für die übrigen aber durch das Mischungsgesetz bestimmt ist. Für die Helligkeit der aus den Farben C', C'', C''', ... gemischten Farbe gelten die Gleichungen

$J = J' + J'' + J''' + \ldots$ und $P = P' + P'' + P''' + \ldots$, wenn dafür gesorgt ist, daß die verschiedenen Lichtmengen gleichzeitig auf dieselbe Fläche (Netzhautstelle) fallen.

Den Quotienten $\frac{J}{J_0 + J}$, der vielfach, auch von Helmholtz, die „Sättigung" der Farbe genannt wird, und der für die Spectralfarben, wo J_0 (die Intensität des beigemengten Weiß) = 0 ist, den Werth 1, für Weiß aber den Werth 0 hat, nennt Bezold die „objective Reinheit". Dagegen bedient er sich des Ausdruckes „Sättigung" in dem der gewöhnlichen Sprache entnommenen Sinne, wonach eine Farbe satt oder gesättigt heißt, wenn sie den Eindruck des Farbigen, die specifische Farbenempfindung, in möglichst hohem Grade hervorruft.

Nach diesen Vorbemerkungen kann zur Entwicklung des Mischungsgesetzes auf Grundlage der Young-Helmholtz'schen Theorie verschritten werden.

Da sämmtliche Farbenempfindungen sich auf drei Grundempfindungen zurückführen lassen, so muß die Farbentafel ein Dreieck sein. Die drei Ecken entsprechen den drei Grundempfindungen; in den Seiten finden diejenigen Farben ihre Stelle, welche durch Auslösung von je zwei Grundempfindungen zu Stande kommen, im Innern endlich alle Farbenempfindungen, die dem Zusammenwirken aller drei Grundempfindungen ihre Entstehung verdanken. Dabei ist es weder nothwendig noch wahrscheinlich, daß die Spectralfarben auf dem Umfange des Dreiecks ihre Stelle finden.

Nach den oben angegebenen mechanischen Principien kann man leicht den Ort einer Mischfarbe durch Construction oder Rechnung mit Hilfe bekannter Sätze der Elementar-Mechanik finden.

Da ferner bei Anwendung paralleler Projectionsstrahlen die Projection des Schwerpunktes eines ebenen Punktsystems der Schwerpunkt der Projection ist, so ergibt sich sofort der von Bezold hervorgehobene Satz:

„Hat man eine das Mischungsgesetz darstellende Farbentafel, so ist jede Projection derselben auf eine beliebige Ebene auch eine solche Tafel."

Kennt man aber die Stelle, welche eine Mischfarbe in der Ebene der Farbentafel einnimmt (oder die Coordinaten dieses

Punktes, so bedarf es nur der Kenntniß einer einzigen Function, um sofort den Farbenton angeben zu können.

Bezeichnet man mit N_1, N_2, N_3 die Eckpunkte des Dreieckes, und ist N_0 ein fester Punkt auf der Verlängerung von $N_1 N_2$ über N_2 hinaus, so ist jeder Punkt N auf einer der beiden Seiten $N_1 N_2$ und $N_2 N_3$ bestimmt durch seine Entfernung von N_0, d. h. durch die Länge

$$N_0 N = N_0 N_2 + N_2 N.$$

Da nun einem Punkte N ein bestimmte Schwingungszahl n zukommt, so muß dieselbe eine bestimmte Function von $N_0 N$, also auch umgekehrt $N_0 N$ eine bestimmte Function von n sein:

$$N_0 N = f(n).$$

Mittels dieser Function kann man unter Benutzung ganz elementarer mathematischer Hilfsmittel den Farbenton einer beliebigen Mischfarbe außerordentlch einfach bestimmen, worauf wir aber hier nicht weiter eingehen wollen.

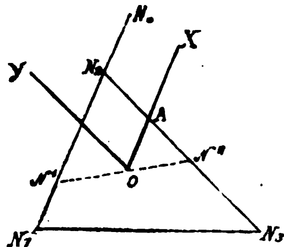
Es handelt sich nun darum, die Function f (n) näher zu bestimmen, und hierbei findet Bezold, daß die denkbar einfachste Annahme:

$$f(n) = n, \text{ also } N_0 N = n,$$

der Wirklichkeit entspricht.

Legt man durch den Punkt O, den das Weiß einnimmt, (Fig. 41) ein Coordinatensystem, dessen Achsen OX und OY parallel gehen mit den Seiten $N_1 N_2$ und $N_3 N_2$, und sind N' und N'' zwei Punkte dieser beiden Seiten, deren Verbindungslinie durch O geht, so geben uns dieselben die Orte zweier Complementärfarben an. Für ihre Coordinaten $x' y'$ und $x'' y''$ gilt nun die Gleichung

Fig. 41.



$$\frac{x'}{y'} = \frac{x''}{y''};$$

andererseits aber ist

$$\frac{x'}{y'} = \frac{n' - \alpha}{b} \quad \text{und} \quad \frac{x''}{y''} = \frac{a}{\beta - n''},$$

wenn man mit n' und n'' die Schwingungszahlen der Farben in N' und N'', mit a und b die Strecken OA und OB, mit α und β die Schwingungszahlen dieser Punkte bezeichnet und das Gesetz N_0 N = n beachtet. Aus den drei letzten Gleichungen folgt aber

$$(n'-\alpha)\ (\beta-n'') = ab = \gamma^2.$$

Trägt man daher die Schwingungszahlen n' und n'' je zweier Complementärfarben als rechtwinklige Coordinaten auf, so erhält man eine gleichseitige Hyperbel. Nach den Messungen von Helmholtz (Physiolog. Optik) hat man aber unter Benutzung der Lichtgeschwindigkeit = 310177,5 Kilometer folgende Werthe von n' und n'', ausgedrückt in Billionen:

	n'		n''
Roth . . .	472,4	Grünblau .	628,8
Orange . .	510,6	Blau . .	633,4
Goldgelb . .	530,0	Blau . .	639,0
Goldgelb . .	540,5	Blau . .	643,3
Gelb . . .	546,9	Indigoblau.	667,6
Gelb . . .	549,6	Indigoblau.	671,6
Grüngelb .	559,3	Violett . .	716,2,

denen noch folgende Angaben von J. J. Müller beizufügen sind:

Roth . . .	470	Cyanblau .	637
Grüngelb .	553	Violett . .	735

Trägt man diese Werthe in der angegebenen Weise ab, so findet man, daß sich den erhaltenen Punkten am genauesten die Hyperbel

$$(n'-555)\ (626-n'') = 17^2$$

anschließt, und da

$$17^2 = \gamma^2 = ab = (n_2 - \alpha)\ (\beta - n_2) = (n_2 - 555)(626 - n_2)$$

ist, so erhält man für n_2 die zwei Werthe

$$n_2 = 590,5 \pm 31,2.$$

Bezold glaubt aber, daß es nicht ganz richtig ist, auch unter Annahme minimaler Beobachtungsfehler die durch die Messung gewonnenen Zahlen schlechthin der Rechnung zu unterwerfen, da sich Einflüsse nachweisen lassen, welche Differenzen zwischen den Ergebnissen der Rechnung und der Beobachtung in bestimmten Sinne bewirken. Bei Ableitung des Gesetzes wurde nämlich vorausgesetzt, daß das auf die Netzhaut fallende

farbige Licht unmittelbar auf den nervösen Apparat wirke, durch diesen in seine Grundempfindungen aufgelöst und dann erst wieder zu einer Gesammtempfindung verschmolzen werde. Thatsächlich findet aber, je nach der Wellenlänge des ins Auge fallenden Lichtes, noch eine Erregung von Licht anderer Brechbarkeit durch die Fluorescenz der Netzhaut statt, und zwar ist nach Helmholtz das Fluorescenzlicht blaugrün. Ist aber dies der Fall und tritt die Fluorescenz, wie J. J. Müller angiebt, erst ein, wenn das auf die Netzhaut fallende Licht die Brechbarkeit der Fraunhofer'schen Linie F überschreitet, so geben solche Farben mit dem Fluorescenzlichte Mischfarben, deren Ton einer kleinern Schwingungszahl entspricht. Mit Rücksicht darauf giebt Bezold der Hyperbel

$$(n' - 570)\ (622 - n'') = 676$$

den Vorzug, aus welcher nur ein einziger Werth von n_2, nämlich 596, folgt. In dieser Gleichung ist das Gesetz für die complementären Farbenempfindungen ausgedrückt.

Unter dieser Annahme fällt der Punkt O (Weiß) in die Halbirungslinie des Winkels N_2; es ist $a = b = 26$.

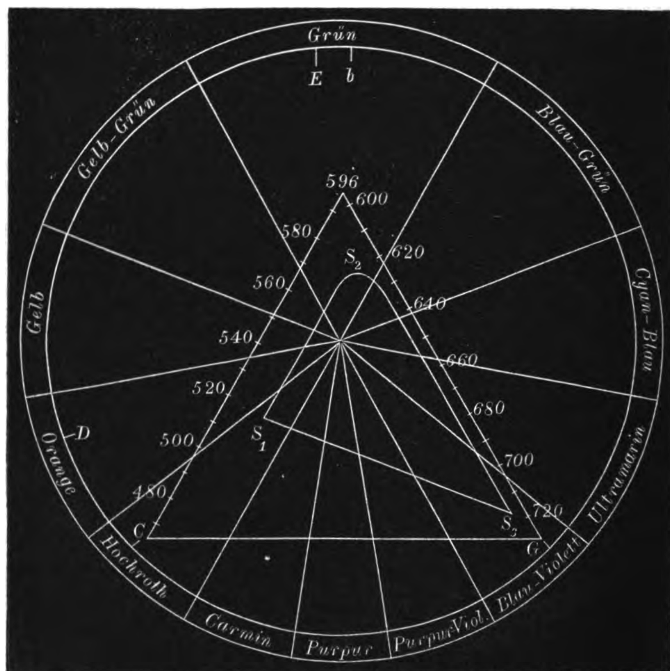
Die Bestimmung der Schwingungszahlen n_1 und n_3, welche den Punkten N_1 und N_3 zukommen, stößt auf eigenthümliche Schwierigkeiten, so daß sogar die Frage, ob die dritte Grundempfindung im Blauen oder Violetten zu suchen sei, selbst bei der Young-Helmholtz'schen Theorie immer noch verschieden beantwortet wird. Bezold sucht nun eine Entscheidung durch folgende Betrachtung. Wenn man eine Spectralfarbe hat, deren Schwingungszahl kleiner als n_1 oder größer als n_3 ist, also eine Farbe, welche den Enden des Spectrums näher steht als die Töne der beiden extremen Grundempfindungen, so werden solche Strahlen vorzugsweise die ihnen zunächst stehenden Grundempfindungen auslösen, während die beiden andern vermuthlich nur in minimaler Weise in Mitleidenschaft gezogen werden. Es ist demnach zu erwarten, daß die durch solche Farben hervorgerufenen Empfindungen sich im Tone nicht wesentlich von der der nächststehenden Grundempfindung unterscheiden werden, und man wird demnach an beiden Enden des Spectrums bis zu den Stellen, welche eben den äußersten Grundempfindungen entsprechen, Farben finden, welche sich nur mehr durch Helligkeit, nicht aber durch den Farbenton unterscheiden. Dies wird

denn auch durch die Versuche bestätigt, und Bezold glaubt den Beginn dieser beiden Spectralgegenden mit constantem Tone in die Gegend etwas vor C (472,5) und ziemlich dicht hinter G (722,9 setzen zu dürfen. Deshalb nimmt er

$$n_1 = 465 \text{ und } n_3 = 727$$

an, wodurch $n_2 - n_1 = n_3 - n_2 = 131$ wird. Die beiden Seiten $N_1 N_2$ und $N_2 N_3$ sind also gleich groß, und da die

Fig. 42.



dritte Seite willkürlich ist, so kann man sie den beiden ersten gleich machen. In das so erhaltene Dreieck zeichnet man dann den Punkt O des Weiß mittels der früher erhaltenen Werthe $a = b = 26$ ein.

In dieses Dreieck sind nun die Punkte einzutragen, welche

den durch die Spectralfarben hervorgerufenen Empfindungen entsprechen. Hierzu benutzt Bezold die Beobachtungen von J. J. Müller über die Sättigung der Mischungen zweier Spectralfarben. Derselbe hat nämlich gefunden, daß alle Spectralfarben, deren Brechbarkeit geringer ist als die der Fraunhofer'schen Linien b, unter sich Mischfarben geben, welche an Sättigung der Spectralfarbe gleichen Tones nicht nachstehen, daher denn alle diese Spectralfarben auf einer Geraden liegen müssen. Das Gleiche gilt von allen Spectralfarben, deren Brechbarkeit jenseits F liegt. Man erhält demnach ein Dreieck mit einer abgerundeten Ecke S_1 S_2 S_3, wie aus der Skizze Fig 42 ersichtlich ist.

Rücksichtlich der Rechnung, mittels deren man den Ort einer Mischfarbe findet, mögen noch ein Paar Bemerkungen Platz finden.

Werden die drei Grundempfindungen, welche dem Roth nahe vor C, dem Grün zwischen E und b und der Grenze von Blau und Violett bei G entsprechen, gleichzeitig erregt, so kann man die Gewichte (P), welche diesen Erregungen entsprechen, in zwei Gruppen theilen, so daß die Mischfarbe der einen Gruppe Weiß ist, während die andere nur noch zwei Grundempfindungen umfaßt. Die Bestimmung des Farbentones einer beliebigen Mischfarbe läßt sich also immer zurückführen auf die Ermittelung des Farbentones, welcher der durch Erregung von nur zwei Grundempfindungen entstandenen Mischfarbe zukommt. Befindet sich unter diesen beiden Grundempfindungen die des Grün (n_2), so erhält man die Schwingungszahl n der Mischfarbe aus einer der beiden Formeln.

$(P_1 + P_2)\, n = P_1 n_1 + P_2 n_2$ oder $(P_2 + P_3)\, n = P_2 n_2 + P_3 n_3$.

Werden dagegen die erste und letzte Grundempfindung erregt (n_1 und n_3), so muß man sich damit begnügen, die Schwingungszahl der Ergänzungsfarbe zu bestimmen. Diese erhält man, indem man die Gewichte sucht, welche man der Grundempfindung des Grün geben, sowie einer der beiden andern zulegen muß, um Weiß zu erhalten. Die aus diesen Gewichten berechnete Schwingungszahl ist die der Ergänzungsfarbe. Gewichte (P) und scheinbare Helligkeit sind dabei gleichbedeutend.

Binoculare Farbenmischung. Die Frage, ob es

möglich sei, durch binoculare Verschmelzung zweier verschiedenfarbiger Bilder eine Mischfarbe wie bei Benutzung des Farbenkreisels zu erhalten, ist bisher in ganz verschiedenem Sinne beantwortet worden. Während Völkers, Dove, Regnault, Ludwig, Panum, Hering, Aubert und Förster dieselbe bejahen, sind Volkmann, Meißner, Funke und Helmholtz zu dem entgegengesetzten Resultate gelangt. Diesen Widerspruch hat Wilhelm von Bezold zu lösen versucht.*)

Früher war es demselben niemals möglich, bei einigermaßen lebhaften Farben eine binoculare Mischung zu erlangen, bis er einem anscheinend geringfügigen Umstande Rechnung trug. Seidem konnte er ganz nach Belieben Mischung oder Wettstreit der Sehfelder hervorrufen. Er hat nämlich folgende Ergebnisse gewonnen:

„Der bei den Versuchen über binoculare Farbenmischung häufig beobachtete Wettstreit der Sehfelder steht in engem Zusammenhange mit Schwankungen der Accomodation."

Es müssen nämlich verschiedenarfarbige Flächen sich in verschiedenen Entfernungen befinden, wenn sie bei gleichbleibender Accomodation, also auch bei gleicher Accommodationsanstrengung ihr Bild genau auf die Netzhaut entwerfen sollen.

„Sorgt man dafür, daß den beiden Augen verschieden gefärbte Flächen in der Art dargeboten werden, daß die beiden Flächen bei gleicher Accommodationsanstrengung gleichzeitig deutlich gesehen werden können, und beseitigt man alle Nebenumstände, welche eine getrennte Auffassung erleichtern könnten, so gelingt die binoculare Verschmelzung selbst bei sehr lebhaften und sehr verschiedenen Farben.

„Die binoculare Farbenmischung führt zu denselben Ergebnissen wie die Mischung auf dem Farbenkreisel."

Um den gestellten Anforderungen zu entsprechen, wurden zwei Holzwürfel von 10 Centimeter Kantenlänge auf ihren verschiedenen Flächen mit lebhaft glänzenden Papier überzogen.

*) Poggend. Ann. Jubelbd. S. 585.

Auf jede Fläche wurden ferner parallel zu den Kanten zwei feine Linien gezogen, die eine horizontal, so daß sie die Fläche halbirte, die andere vertical, von der nächsten Kante um den halben Abstand der Augen des Beobachters (32 Millim.) entfernt. Die beiden Würfel wurden nun so auf einen Tisch gestellt, daß die beiden Kreuzungspunkte gerade in Augenhöhe kamen. Vor denselben wurde in einer Entfernung von 10 bis 15 Ctm. ein Pappschirm mit gleichgroßen Oeffnungen für beide Augen angebracht. Die den Würfeln zugewandte Seite dieses Schirmes war weiß und wurde von einem gegenüberstehenden Fenster beleuchtet, wodurch wieder die Würfelflächen selbst eine sehr gleichmäßige Beleuchtung erhielten. Die andere Seite des Schirmes war matt schwarz. Eine in der Meridianebene angebrachte schwarze Scheidewand ließ jedes Auge blos einen einzigen Würfel sehen. Blickt man nun durch die Oeffnungen des Schirmes nach den Kreuzungspunkten der Fäden und verschiebt die Würfel so lange, bis man beide Bilder gleich deutlich sieht, so hört der Wettstreit der Sehfelder auf und die Mischung der Farben tritt ein. Bezold bemerkte, daß hierbei die brechbarere der beiden Farben sich immer näher am Auge befand, ohne Rücksicht darauf, ob er sie dem rechten oder linken Auge darbot.

Schließlich seien unsere Leser noch auf das interessante Werk von Wilh. v. Bezold „die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst- und Kunstgewerbe“ (Braunschweig, 1874) aufmerksam gemacht.

Wärmelehre.

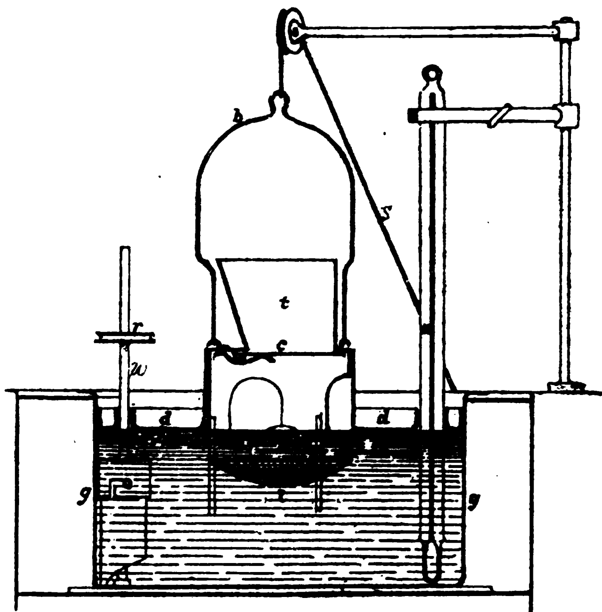
Thermometrie.

Messung hoher Temperaturen. Zu diesem Zwecke bediente sich C. H. Schneider eines von Prof. Weinhold in Chemnitz angegebenen Calorimeters, das aber verschieden ist von dem im Osterprogr. 1873 der Chemnitzer Gewerbschule beschriebenen (vergl. dieses Jahrb. IX, S. 102 u. 103). Seine Einrichtung zeigt uns Fig. 43.

Auf dem im Gefäße g befindlichen Wasser schwimmt ein Deckel d mit drei Oeffnungen, durch welche die senkrechte Welle

w des Rührapparates r, das Thermometer a und ein Trichter t aus dem Wasser ragen. Der Trichter wird vor dem Einbringen der schmiedeeisernen Kugel k ins Calorimeter durch den Drahtbügel b und die Schnur s in der Schwebe gehalten;

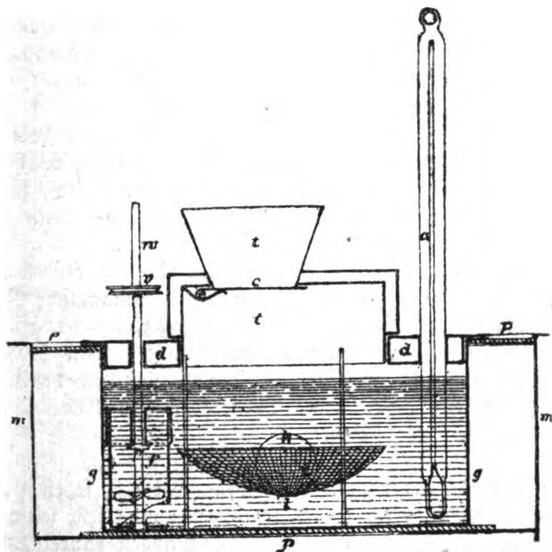
Fig. 43.



wenn aber die Kugel durch die Oeffnung c auf das Sieb l geworfen worden ist, wird er soweit niedergelassen, daß die die Oeffnung c schließende Klappe mit dem Wasser in Berührung kommt. Es soll dadurch der Fehler, welcher bei offenen Calorimetern durch Verdampfung des Wassers nach dem Einwerfen der Kugel entsteht, vermindert werden. Der Rührapparat, den Weinhold in dem erwähnten Progr. S. 17 beschrieben hat, soll durch kräftige Circulation des Wassers eine gleichmäßige Temperatur desselben bewirken. Das Thermometer hatte eine in 1/5 Grad getheilte Papierscala.

Mittels dieses Calorimeters hat nun Schneider die specifische Wärme des Schmiedeeisens zu bestimmen versucht, indem er die schmiedeeiserne Kugel mittels Wasserdampf auf 99°, im Paraffinbade auf 250 bis 283°, in Schwefeldampf auf 430° und mittels Zinkdampf auf 1035° erwärmte. Es zeigte sich, daß die von Weinhold gegebene Formel für die mittlere specifische Wärme zwischen T und t° Celsius

Fig. 44.



$$c = c_0 + \alpha (T + t) + \beta [T^2 + t^2 + (T + t)^2]$$

$c_0 = 0{,}105907$ $\beta = 0{,}00000001108$

$\alpha = 0{,}00003269$

dem Messungen entsprach. Am Apparate selbst aber stellten sich noch einige Unbequemlichkeiten heraus, welche namentlich durch den Bügel b, den beweglichen Trichter t und den schwimmenden Deckel d hervorgerufen wurden. Um daher daher das Calorimeter für den praktischen Gebrauch bequemer zu machen, gab ihm Schneider die in Fig. 44 dargestellte Form. Mit

Ausnahme des festen, doppelwandigen Deckels d, und des Trichters t, der mit seinem Rande auf dem Deckel aufsitzt und in die Höhe gehoben werden kann, wenn man die Kugel vom Siebe entfernen will, ist die Einrichtung wie bei dem Weinhold'schen Apparate.

Für den praktischen Gebrauch wird das Gefäß g in ein Gefäß aus starkem Weißblech m eingesetzt und gegen dasselbe durch starke Pappendeckel p isolirt, so daß sich zwischen den Wandungen beider Gefäße eine stagnirende Luftschicht befindet. Das Weißblechgefäß m wird in einen Holzeimer eingesetzt, so daß sich wieder zwischen den Wandungen beider Gefäße eine stagnirende Luftschicht bildet. Die Rolle v des Rührapparates ragt aus dem Eimer und um sie wird die Schnur gelegt, mittels deren der Rührapparat in Rotation versetzt wird.

Sollte in Folge der Einflüsse des Ortes, an dem man experimentirt, eine Erwärmung oder Abkühlung des Wassers im Calorimeter stattfinden, so ermittelt man deren Betrag zur Zeit der Temperaturbestimmungen durch ein zweites, gleich ausgestattetes Calorimeter.

Soll nun die Temperatur T eines Raumes ermittelt werden, so wird die schmiedeeiserne Kugel k hinlängliche Zeit in diesen Raum gehalten und dann in das Calorimeter geworfen, dessen Anfangs- und Endtemperatur t_0 und t man beobachtet. Ist P das Gewicht der Kugel, G der Wasserwerth des Calorimeters, W das Gewicht des Wassers in demselben, so findet man T mittels der Formel

$$c\,P\,(T - t) = (G + W)\,(t - t_0),$$

in welcher für c der oben angegebene Werth zu setzen ist. Da aber die Auflösung der so erhaltenen Gleichung sehr zeitraubend ist, wenn es sich um zahlreiche Beobachtungen handelt, so hat Schneider Tabellen veröffentlicht, welche eine raschere Bestimmung von T ermöglichen.

Die Kugel k wird zweckmäßig mit drei zu einander senkrechten Durchbohrungen versehen, was ein schnelles Abkühlen im Wasser bewirkt und das Zerspringen verhindert, welches sonst bei wiederholter Verwendnng leicht eintritt, wenn die Kugel hell- oder weißglühend wird.

Die Größe der Kugel und den Wasserraum des Calorimerers nimmt man am besten je nach der Höhe der zu be-

stimmenden Temperatur verschieden und sorgt nach dieser Richtung für genügende Auswahl. Für Temperaturen, wie sie bei Dampfkesselanlagen vorkommen, fand Schneider folgende Verhältnisse passend:

Zur Bestimmung f. Temperaturen	W		P	
im Feuerraume . . .	2,000	Kilogr.	0,1	Kilogr.
hinter der Feuerbrücke . .	1,800	"	0,085	"
am Ende des ersten Canales	1,500	"	0,07	"
am Ende des Kessels . .	1,000	"	0,06	"

Wird eine Kugel bei der Benutzung nicht glühend, so kann man sie lange benutzen; anfangs wird sie zwar in Folge der Oxydation der Oberfläche schwerer, aber sehr bald nimmt man keine Gewichtszunahme mehr wahr, und es genügt daher ein einmaliges genaues Wägen. Wird die Kugel glühend, so lösen sich Oxydschichten ab und es wird daher nach mehrmaligem Gebrauch eine neue Wägung nöthig.*)

Hartgummi-Thermometer. — F. Kohlrausch hat vor einiger Zeit darauf aufmerksam gemacht, daß ein Hartgummi- und ein Elfenbeinstreifen verbunden ein sehr empfindliches Thermometer geben. Ein auf diesem Princip beruhendes, nach den Angaben von D. Draper construirtes Instrument ist in der That schon seit längerer Zeit auf dem meteorologischen Observatorium im Centralpark in Newyork in Anwendung. Dasselbe besteht aus einem auf einen Messingstreifen aufgenieteten Streifen von Hartgummi und soll sich als selbstregistrirendes Instrument gut bewährt haben.

Ausdehnung des Quecksilbers.

A. Wüllner hat für den Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers die Formel gegeben.**)

$$\alpha = a + bt + ct^2,$$

worin

lg. a = 0,2580814—4   a = 0,00018 1163
lg. b = 0,0627291—8   b = 0,0000000115 54
lg. c = 0,3260852—11   c = 0,000000000021 187

Diese Formel schließt sich den Versuchen von Regnault genauer an, als die von diesem Physiker selbst seiner Zeit gegebene.

*) Zeitschr. des Ver. deutscher Ingenieure, XIX, S. 15.
**) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 440.

Wärmeleitung.

Wärmeleitungsvermögen des Quecksilbers.*) Wiedemann und Franz haben früher den Satz ausgesprochen, daß die Metalle ein nahezu gleiches Leitungsvermögen für Electricität und Wärme besitzen. Nun ist andererseits durch zahlreiche Versuche, namentlich von Arndtsen, Matthießen und Bose nachgewiesen, daß das elektrische Leitungsvermögen mit der Temperatur eine scharf ausgeprägte Veränderung erleidet, und zwar bei den meisten Metallen in sehr verschiedenem Grade. Wenn daher das Wiedemann-Franz'sche Gesetz bei allen Temperaturen gültig wäre, so müßte auch das Wärmeleitungsvermögen der Metalle eine gleiche Veränderlichkeit mit der Temperatur zeigen. Im Widerspruch damit haben ältere Beobachter zum Theil das Wärmeleitungsvermögen der Metalle für constant gehalten, und Wiedemann und Franz selbst scheinen für das Kupfer keine, für das Rose'sche Metall nur eine geringe Veränderlichkeit mit der Temperatur anzunehmen. Angström giebt für Kupfer eine Veränderlichkeit an, die nicht den halben, und für Eisen eine, die reichlich den halben Werth der für elektrische Leitung geltenden beträgt, und Forbes hat für Eisen eine noch geringere Veränderlichkeit gefunden. Ja neuerdings hat Lorenz geradezu die Unabhängigkeit des Wärmeleitungsvermögens von der Temperatur für reine, gleichartig bleibende Metalle behauptet und die beobachteten Veränderungen durch das Entstehen thermo-elektrischer Ströme in Folge ungleicher Erwärmung der Metalle zu erklären versucht. In der That zeigt gerade das Eisen, bei welchem die Veränderlichkeit des Wärmeleitungsvermögens am deutlichsten sich kund gab, nach den Versuchen von Le Roux sich besonders günstig für solche thermo-elektrische Wirkungen.

Um die Frage, ob das Lorenz'sche oder das Wiedemann-Franz'sche Gesetz richtig ist, zu entscheiden, wählte Hermann Herwig das Quecksilber, welches man in reinerem Zustande als andere Metalle herstellen kann und bei welchem keine inneren Structurveränderungen in Folge einseitiger Erwärmung anzunehmen sind, da nach den Versuchen von Magnus warmes

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 177.

und kaltes Quecksilber, in Berührung gebracht, niemals eine elektromotorische Wirkung geben. Die Versuche von Herwig, welche a. a. O. genauer beschrieben sind, haben nun zur Evidenz dargethan, „daß das Wärmeleitungsvermögen des reinen Quecksilbers zwischen 40° und 160° völlig constant ist."

Wärmeleitungsfähigkeit von Gesteinen. Von der British Association ist ein besonderes Comité niedergesetzt worden, um Versuche über das Wärmeleitungsvermögen verschiedener Felsmassen anzustellen. In dem Berichte, welchen Herschel und Lebour in der vorjährigen Versammlung der Association vortrugen, finden sich nun folgende vorläufige Resultate*), ausgedrückt in der Einheit der British Association, d. h. es wird die Wärmemenge angegeben, die in einer Secunde durch einen Würfel von 1 Ctm. Seite hindurchgeht, dessen entgegengesetzte Flächen einen Temperaturunterschied von 1° zeigen und als Einheit der Wärme wird diejenige Wärmemenge betrachtet, welche ein Grm. Wasser von 0° auf 1° erwärmt. Die Tabelle enthält noch eine Anzahl früherer Bestimmungen von Peclet, Forbes und Thomsen.

Beobachtungen der British Assoc.		Aeltere Beobachtungen.		
Bezeichnung des Gesteins	Leitungsfähigkeit		Bezeichnung des Gesteins	Beobachter
Grauer Aberdeen Granit	0.00600			
Rother Cornischer Serpentin	0.00483			
Calton Trapp	0.00520	0.00266	Calton Trapp	Forbes und Thomson
Basalt	0.00312		Sand	
Kenton Sandstein	0.00489		Craigleith Sandstein	
„Second grit" von Congleton	0 00462			
Schiefer	0.00392			
Alabaster	0.00412			
Sicilian. weißer Statuen-Marmor	0.00559	0.0097	Feinkörn. gr. Marmor	Peclet
Irischer desgl.	0.00559		Grob. krystallin. desgl.	
Rother Devonshire desgl.	0.00525		feinkörn. Kalkst.	
Ital. Adermarmor	0.00512			
Irischer grüner Marmor	0.00507			

*) Nature, 1874 Sept. 10, p. 387.

Beobachtungen der British Assoc.		Aeltere Beobachtungen.		
Bezeichnung des Gesteins	Leitungsfähigkeit		Bezeichnung des Gesteins	Beobachter
Numuliten-Kalk (v. d. Großen Pyramyde)	0.00433			
Kalkstein (Baustein) v. Caen	0.00395	0.0037	grobkörn. Leias Baustein	Peclet
Kreide	0.00384	0.0035	grobkörn. Leias Baustein	Peclet
Schwarzer Schieferthon von New Castle on Tyne	0.00178			
Cannel-Kohle	0.00161	0.00145	feiner Gyps	Peclet
			feinster „	Peclet
Pariser Gyps (für Abgüsse)	0.00163	0.00122	f. Abgüsse	Peclet

Ueber das **Wärmeleitungsvermögen von Flüssigkeiten** hat Dr. A. **Winkelmann***) in Aachen Untersuchungen nach derselben Methode angestellt, die **Stefan** mit Erfolg zur Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit der Luft benutzt hat (dieses Jahrb. VIII. S. 161).

Der Apparat bestand aus 2 Cylindern von Messing, von denen der eine, als Luftthermometer dienende, so in den andern paßte, daß seine äußere Oberfläche überall gleich weit von dem zweiten Cylinder entfernt war; in den Raume zwischen beiden Cylindern wurde die zu untersuchende Flüssigkeit eingeführt. Der innere Cylinder hatte in der oberen Endfläche eine kleine runde Oeffnung, in welche eine Glasröhre eingekittet war; letztere hielt zugleich den oberen Deckel des äußern Cylinders so angekittet, daß durch Einsetzen dieses Deckels der äußere Cylinder geschlossen war und der innere die richtige Lage erhalten hatte. Nach dem Austritt aus dem Cylinder war die Glasröhre zweimal rechtwinklig gebogen und tauchte in ein Glasgefäß, welches wenig Quecksilber enthielt. Auf der oberen Fläche des äußeren Cylinders war ein feiner Trichter aufgesetzt, welcher nach Zusammensetzung des Apparates mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt wurde, damit bei dem in Folge der Abkühlung eintretenden Zusammenziehen der Flüssigkeit in dem Raume zwischen den beiden Cylindern immer neue Flüssigkeit

*) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 481.

nachfließen konnte und so jener Zwischenraum beständig gefüllt blieb.

Nachdem der Apparat die gleichförmige Temperatur des Beobachtungszimmers angenommen hatte, wurde er in eine Mischung von Wasser und ganz fein vertheiltem Eise gesenkt. Das Quecksilber in der Glasröhre stieg jetzt und nach einiger Zeit berührte dasselbe das Fadenkreuz eines vorher eingestellten Kathetometers; von diesem Augenblicke an wurde die Zeit gezählt. Dann wurde das Kathetometer um 5 Millim. gehoben und die Zeit beobachtet, wann wieder Berührung stattfand. So wurden die Berührungszeiten für je 5 Millim. Steighöhe bis zu 25 Millim. beobachtet; dann wurde gewartet, bis der ganze Apparat die Temperatur 0° besaß, und die erreichte Quecksilberhöhe abgelesen.

Aus diesen Beobachtungen läßt sich die Abkühlungsgeschwindigkeit v des innern Cylinders nach der Formel

$$vt. \lg e = \lg p_1 - \lg (p_1 - p)$$

berechnen, wo p_1 die Höhe der Quecksilbersäule bedeutet, nachdem der innere Cylinder bis auf 0° erkaltet ist, p aber die Höhe zur Zeit t, ferner e = 2,71828 ist.

Daraus ergiebt sich dann die Wärmeleitungsfähigkeit k der eingefüllten Flüssigkeit mittels der Formel

$$k = v . \frac{Acs + B}{C},$$

in welcher c die specifische Wärme und s das specifische Gewicht bedeutet, während A, B, C Constanten sind, die von der Form des Apparates und dem Gewichte des innern Cylinders abhängen.

Die Werthe für die Wärmeleitungsfähigkeit bezogen auf ein Centimeter und eine Secunde, welche Winkelmann erhielt, sind nun folgende:

Wasser	0,001540
Chlornatriumlösung, 33 1/3 Proc. .	0,002675
Chlorkaliumlösung, 20 Proc. . . .	0,001912
Alkohol	0,001506
Schwefelkohlenstoff	0,002003
Glycerin	0,000748

Vor einigen Jahren hat Lundquist die Wärmeleitungsfähigkeit von Wasser, Chlornatrium- und Zinkvitriollösung, so-

wie von Schwefelsäure bestimmt,*) und zwar ist er der Erste, welcher absolute Werthe für die Wärmeleitungsfähigkeit der Flüssigkeiten angegeben hat, während die älteren Arbeiten von Paalzow und Guthrie**) nur relative Bestimmungen enthalten. Die Untersuchungen von Lundquist haben nun das schon von Paalzow gefundene Resultat bestätigt, daß die Leitungsfähigkeiten für Wärme und Elektricität bei den Flüssigkeiten einander nicht proportional sind; außerdem aber haben sie noch gezeigt, daß bei den Flüssigkeiten das Leitungsvermögen für Wärme viel weniger variirt, als dasjenige für Electricität. Was die absoluten Zahlwerthe anlangt, so findet Lundquist für Wasser den Betrag 0,0933, bezogen auf ein Quadratcentimeter und eine Minute, was also für eine Secunde 0,00155 giebt und bis auf ein Procent mit dem Winkelmann'schen Werthe übereinstimmt. Angesichts dieser genauen Uebereinstimmung muß es befremden, daß bei der Chlornatriumlösung sich eine bedeutende und nicht aufgeklärte Abweichung in den Resultaten zeigt. Lundquist findet nämlich für eine 20procentige Kochsalzlösung den Werth 0,0895 für die Minute oder 0,00149 für die Secunde, es würde also eine solche Salzlösung die Wärme schlechter leiten als Wasser; Winkelmann dagegen findet bei der Salzlösung eine bedeutend größere Wärmeleitungsfähigkeit als beim Wasser. Ein ähnliches Resultat wie Lundquist hat übrigens auch Paalzow erhalten, während Guthrie behauptet, daß die Salze die Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers erhöhen.

Specifische Wärme der Gase.

Seit den epochemachenden Arbeiten von Regnault liegen keine umfassenderen Untersuchungen über diesen Gegenstand vor, vielleicht wegen des Umfanges und der Complication der dazu nöthigen Apparate. Dr. Eilhard Wiedemann in Leipzig hat nun einen Apparat construirt, der bei Weitem einfacher ist als der Regnault'sche und dieselbe Genauigkeit gestattet.***)

*) Upsala Universitets Arsskrift 1869.

**) Paalzow in Poggend. Ann. Bd. 134, S. 618, Guthrie im Phil. Mag. vol. 35, p. 283 u. Arch. sc. phys. t. 35, p. 201.

***) Eine vorläufige Anzeige dieser Arbeit enthält die Bibliothèque universelle, vol. LI, p. 73, sowie Philos. Mag. vol. 48, Nov. 1874 p. 398.

Das zu untersuchende Gas ist in einem Kautschukballon von etwa 25 Liter Inhalt eingeschlossen, welcher mittels eines Kautschukpfropfens und einer Glasröhre im Innern eines leeren Glasballons angebracht ist. Durch eine Röhre ist dieser Glasballon mit einem zweiten in Verbindung gesetzt, der mit einem 9 Fuß höher aufgestellten Wasserreservoir communicirt. Ein Manometer mißt den Druck im Innern dieses zweiten Ballons. Tritt nun Wasser aus dem Reservoir in den zweiten und aus diesem in den ersten Glasballon, so wird die Luft verdichtet und eine gewisse Quantität Gas, die mittels der eingetretenen Wassermenge gemessen wird, wird aus dem Kautschukballon in den Heizapparat und das Calorimeter getrieben. Der Heizapparat besteht aus einer 3 Meter langen und 9 Centimeter weiten, mit Kupferdrehspänen gefüllten, in einem kleineren Gefäße mit siedendem Wasser ruhenden Gefäße. Die Erwärmung des Gases ist vollständig, wenn 10 Liter in der Minute durch den Apparat gehen. Als Calorimeter dient ein System von 3 Silberröhrchen, 43 Millim. hoch und 9 Millim. weit, die mit Silberspänen gefüllt sind und der Reihe nach von den Gase durchströmt werden. Sie stehen in einem 54 Millim. hohen und 44 Millim. weiten, mit Wasser gefüllten Gefäße aus versilbertem Kupfer. Die geringen Dimensionen dieses Calorimeters und die Kleinheit des darin enthaltenen Wasserquantums von nur etwa 60 Gramm bedingen ein starkes Steigen der Temperatur, wenn auch nur geringe Mengen Gas durchgehen; es gaben z. B. 20 Liter Wasser, die von 100° auf 20° abgekühlt wurden, schon eine Temperaturerhöhung von 8°, während bei dem Regnault'schen Verfahren gegen 200 Liter nöthig sein würden. Der Umstand, daß der Wiedemann'sche Apparat mit kleinen Gasmengen zu arbeiten gestattet, ist um so nützlicher, als die Herstellung großer Gasmengen oft mit Schwierigkeiten verbunden ist. Um die Temperatur des Kühlapparates immer auf dem Mittel zwischen Anfangs- und Endtemperatur zu erhalten, befindet sich dieser Apparat in einer Büchse mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Wasser gefüllt ist. Außerdem ist die Büchse noch durch einen Holzschirm gegen die direkten Strahlen des Heizapparates geschützt.

Vorläufige Versuche, welche mit atmosphärischer Luft,

wie von Schwefelsäure bestimmt,*) und zwar ist er der Erste, welcher absolute Werthe für die Wärmeleitungsfähigkeit der Flüssigkeiten angegeben hat, während die älteren Arbeiten von Paalzow und Guthrie**) nur relative Bestimmungen enthalten. Die Untersuchungen von Lundquist haben nun das schon von Paalzow gefundene Resultat bestätigt, daß die Leitungsfähigkeiten für Wärme und Elektricität bei den Flüssigkeiten einander nicht proportional sind; außerdem aber haben sie noch gezeigt, daß bei den Flüssigkeiten das Leitungsvermögen für Wärme viel weniger variirt, als dasjenige für Electricität. Was die absoluten Zahlwerthe anlangt, so findet Lundquist für Wasser den Betrag 0,0933, bezogen auf ein Quadratcentimeter und eine Minute, was also für eine Secunde 0,00155 giebt und bis auf ein Procent mit dem Winkelmann'schen Werthe übereinstimmt. Angesichts dieser genauen Uebereinstimmung muß es befremden, daß bei der Chlornatriumlösung sich eine bedeutende und nicht aufgeklärte Abweichung in den Resultaten zeigt. Lundquist findet nämlich für eine 20procentige Kochsalzlösung den Werth 0,0895 für die Minute oder 0,00149 für die Secunde, es würde also eine solche Salzlösung die Wärme schlechter leiten als Wasser; Winkelmann dagegen findet bei der Salzlösung eine bedeutend größere Wärmeleitungsfähigkeit als beim Wasser. Ein ähnliches Resultat wie Lundquist hat übrigens auch Paalzow erhalten, während Guthrie behauptet, daß die Salze die Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers erhöhen.

Specifische Wärme der Gase.

Seit den epochemachenden Arbeiten von Regnault liegen keine umfassenderen Untersuchungen über diesen Gegenstand vor, vielleicht wegen des Umfanges und der Complication der dazu nöthigen Apparate. Dr. Eilhard Wiedemann in Leipzig hat nun einen Apparat construirt, der bei Weitem einfacher ist als der Regnault'sche und dieselbe Genauigkeit gestattet.***)

*) Upsala Universitets Arsskrift 1869.

**) Paalzow in Poggend. Ann. Bd. 134, S. 618, Guthrie im Phil. Mag. vol. 35, p. 283 u. Arch. sc. phys. t. 35, p. 201.

***) Eine vorläufige Anzeige dieser Arbeit enthält die Bibliothèque universelle, vol. LI, p. 73, sowie Philos. Mag. vol. 48, Nov. 1874 p. 398.

Das zu untersuchende Gas ist in einem Kautschukballon von etwa 25 Liter Inhalt eingeschlossen, welcher mittels eines Kautschukpfropfens und einer Glasröhre im Innern eines leeren Glasballons angebracht ist. Durch eine Röhre ist dieser Glasballon mit einem zweiten in Verbindung gesetzt, der mit einem 10 Fuß höher aufgestellten Wasserreservoir communicirt. Ein Manometer mißt den Druck im Innern dieses zweiten Ballons. Tritt nun Wasser aus dem Reservoir in den zweiten und aus diesem in den ersten Glasballon, so wird die Luft verdichtet und eine gewisse Quantität Gas, die mittels der eingetretenen Wassermenge gemessen wird, wird aus dem Kautschukballon in den Heizapparat und das Calorimeter getrieben. Der Heizapparat besteht aus einer 3 Meter langen und 9 Centimeter weiten, mit Kupferdrehspänen gefüllten, in einem kleineren Gefäße mit siedendem Wasser ruhenden Gefäße. Die Erwärmung des Gases ist vollständig, wenn 10 Liter in der Minute durch den Apparat gehen. Als Calorimeter dient ein System von 3 Silberröhrchen, 43 Millim. hoch und 9 Millim. weit, die mit Silberspänen gefüllt sind und der Reihe nach von den Gase durchströmt werden. Sie stehen in einem 54 Millim. hohen und 44 Millim. weiten, mit Wasser gefüllten Gefäße aus versilbertem Kupfer. Die geringen Dimensionen dieses Calorimeters und die Kleinheit des darin enthaltenen Wasserquantums von nur etwa 60 Gramm bedingen ein starkes Steigen der Temperatur, wenn auch nur geringe Mengen Gas durchgehen; es gaben z. B. 20 Liter Wasser, die von 100° auf 20° abgekühlt wurden, schon eine Temperaturerhöhung von 8°, während bei dem Regnault'schen Verfahren gegen 200 Liter nöthig sein würden. Der Umstand, daß der Wiedemann'sche Apparat mit kleinen Gasmengen zu arbeiten gestattet, ist um so nützlicher, als die Herstellung großer Gasmengen oft mit Schwierigkeiten verbunden ist. Um die Temperatur des Kühlapparates immer auf dem Mittel zwischen Anfangs- und Endtemperatur zu erhalten, befindet sich dieser Apparat in einer Büchse mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Wasser gefüllt ist. Außerdem ist die Büchse noch durch einen Holzschirm gegen die direkten Strahlen des Heizapparates geschützt.

Vorläufige Versuche, welche mit atmosphärischer Luft,

Kohlensäure, Wasserstoff und Aethylen angestellt wurden, gaben folgende Resultate:

	Spec. Wärme nach Wiedemann	nach Regnault
Atmosph. Luft . . .	0,237	0,2377
Kohlensäure zwischen 25° u. 100° . . .	0,208	0,2403
Wasserstoff	3,431	3,409
Aethylen	0,401	0,404.

Neuer Thermomotor.

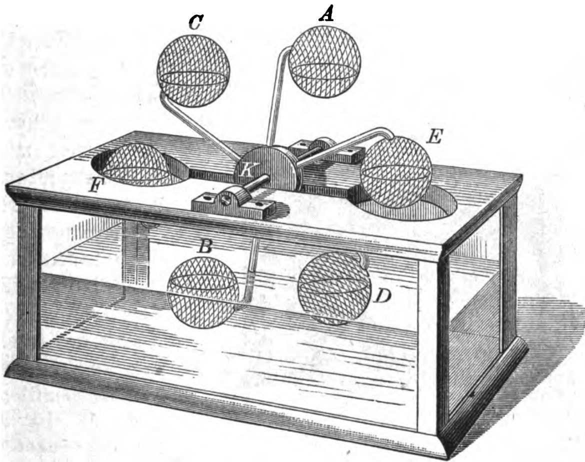
Einen interessanten Thermomotor hat der italienische Physiker Enrico Bernardi construirt.*) Zwei gleich große Glaskugeln werden durch eine dünne Glasröhre verbunden; die eine Kugel wird durch ein feines Glasröhrchen bis auf etwa ¾ mit Aether gefüllt, dieser wird dann erhitzt und nach Austreibung der Luft schmilzt man das Röhrchen zu. Befestigt man nun die Mitte des Verbindungsrohres beider Kugeln an einer horizontalen Achse und vertheilt den Aether gleichmäßig auf beide Kugeln, so werden dieselben sich das Gleichgewicht halten; befindet sich aber in der einen Kugel mehr Aether, als in der anderen, so wird die erstere sinken. Bernardi legt nun die Drehungsachse auf den Deckel eines Gefäßes mit Wasser, der mit einem Schlitze zum Durchgange der Kugeln und ihres Verbindungsrohres versehen ist. Die Kugeln sind außerdem mit feiner Gaze überzogen. Wir wollen nun annehmen, die eine der beiden Kugeln (A), welche weniger Aether enthält, tauche in das Wasser, die andere, schwerere B schwebe höher. Dann wird die letztere sinken, ins Wasser eintauchen, A aber wird emporsteigen. Das auf der Oberfläche von A ausgebreitete Wasser wird verdunsten, die Verdunstungskälte wird die Aetherdämpfe in A condensiren, in B wird in Folge dessen neuer Aether verdunsten und nach A gehen, wo sich allmälig mehr Aether ansammelt, bis diese Kugel zum Sinken kommt, worauf dasselbe Spiel mit B beginnt. Auf diese Weise werden die

*) Scientific American, Sept. 1874, p. 150. Polytechn. Centralbl. 1874, S. 1401.

beiden Kugeln mit ihrem Verbindungsrohr eine langsam hin und hergehende, schwankende Bewegung annehmen. Da aber eine solche Bewegung sich nicht gut ausnutzen läßt, so hat Bernardi noch eine andere Anordnung getroffen, s. Fig. 45.

Je zwei Kugeln befinden sich an einem Glasrohre, dessen Enden nach entgegengesetzten Seiten rechtwinklig umgebogen sind. Drei solche Systeme sind zu einer Art Rad vereinigt, so daß die Achsen der Röhren und die Mittelpunkte der Kugeln in

Fig. 45.



einer Ebene liegen. Die Achse dieses Rades wird wie oben beschrieben auf einem Wasser enthaltenden Gefäß aufgelagert und dem Rad eine anfängliche Rotation ertheilt. Dadurch kommt dann dasselbe in dauernde langsame Umdrehung.

Bernardi hat einen solchen Motor zwei Monate lang in seinem Labortorium in Gang gehabt und zur Bewegung einer Uhr benutzt. Die Kugeln hatten 19,8 Mm. Durchmesser und der Abstand der Mittelpunkte betrug 78,7 Mm. Durch eine besondere Vorrichtung wurde der Wasserstand immer auf gleicher Höhe gehalten, ohne daß man Wasser zuzugießen brauchte.

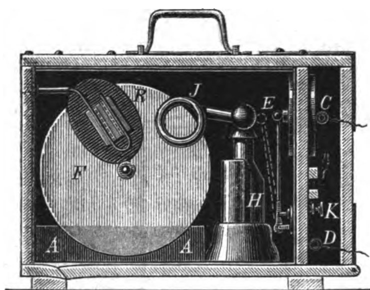
Im Durchschnitt fanden 60 Umdrehungen in 24 Stunden statt und die Arbeitsleistung des Rades betrug 0,017 Kilogr.-Meter.

Elektricität und Magnetismus.

Elektricitätserregung.

Elektrische Zündmaschine von Bornhardt*) in Braunschweig. Diese in Oesterreich in der Civil-Sprengtechnik am häufigsten benutzte Zündmaschine hat als Reibzeug eine Hartgummischeibe (F in Fig. 46), welche durch Drehung mittels einer Kurbel zwischen Pelzwerk R gerieben wird. Die negative Elektricität der Gummischeibe wird mittels des Saugapparates J der innern Stanniolbelegung des Flaschencondensators H zugeführt, die positive des Reibzeuges geht nach dem äußeren Beleg, welches mit der Oese D in Verbindung steht. In dieser und in der Oese C sind die beiden Enden des isolirten Leitungsdrahtes eingehängt, in welchem ein oder mehrere elektrische Zünder eingeschaltet sind. Um den Condensator H zu entladen, hat man nur auf den Knopf K zu drücken und dadurch dem Entlader E die in der Figur punktirte Lage zu geben.

Fig. 46.



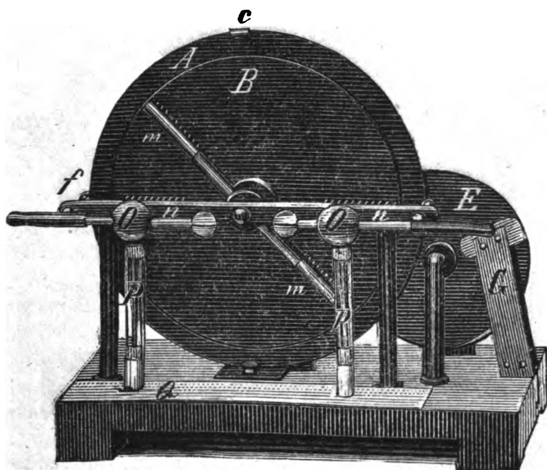
Die ganze Elektrisirmaschine befindet sich in einem luft-

*) Dinglers polytechn. Journ. Bd. 168, S. 342 u. Bd. 214, S. 34. Am letzteren Orte giebt Jul. Mahler in Wien interessante Notizen über die moderne Sprengtechnik.

dicht verschlossenen Blechkasten, der noch Rollen A mit wasserabsorbirenden Substanzen enthält. Trotzdem erscheint es geboten, den Apparat in einem warmen und trockenen Raume aufzubewahren.

Influenz=Elektrisirmaschinen von J. C. Schlösser in Königsberg in Pr. Die größere Maschine von Schlösser, welche Fig. 47 von vorn, Fig. 48 von der Rückseite zeigt, ist

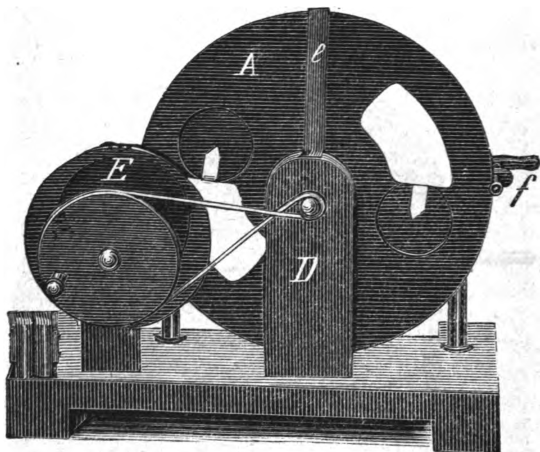
Fig. 47.



in ihrer Einrichtung der Holtz'schen verwandt, nur hat sie statt der Glasscheiben Hartgummischeiben. Die feststehende Scheibe A von 30 Centim. Durchmesser, mit zwei kreisrunden Ausschnitten versehen und auf der Rückseite mit Papierblättchen beklebt, die in starken Spitzen endigen, hat genau die Stellung, welche Fig. 48 angiebt. Unmittelbar vor ihr steht die kleinere, volle Scheibe B von 26 Centim. Durchmesser, welche beim Gebrauch in Rotation versetzt wird. Beide Scheiben müssen einander möglichst nahe stehen, ohne aber einander zu berühren. Die richtige Stellung von A wird bewirkt einmal durch den Hacken C, der mit seinem unteren Ende mittels Schraube ver=

stellbar befestigt ist, mit dem obern Ende aber über den Rand von A reicht; sodann durch die beiden Stellschrauben f von Hartgummi, die durch den langen, horizontal liegenden, vierkantigen Balken n gehen und an ihrem Ende zwei kleine kreisrunde Plättchen haben, zwischen denen der Rand der großen

Fig. 48.



Scheibe eingeklemmt ist. Auch die Papierspitzen der Scheibe A, welche bis in die Mitte der kreisrunden Ausschnitte ragen, dürfen B nicht berühen, sind also nöthigenfalls vorsichtig abzubiegen.

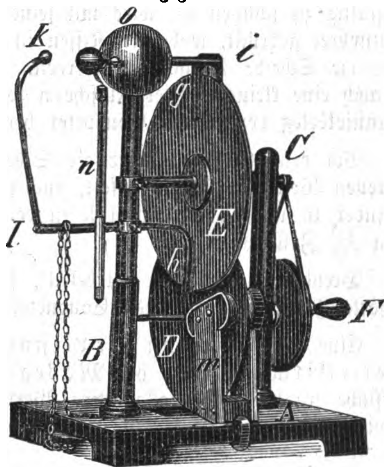
Ein wesentlicher Theil der Maschine ist der Erreger E, eine kleine, auf der Achse der Kurbel befestigte und durch sie mitbewegte Hartgummischeibe. Um auf E Elektricität zu erregen, wird das Reibkissenpaar G, welches mit seiner Messingfeder in dem mit Hartgummi fournirten Grundbret der Maschine befestigt ist, wie es Fig. 47 andeutet, über diese Scheibe gestreift. Vorm Gebrauch reibt man beide Kissen ein wenig gegen einander; auch hat man dieselben nach einiger Zeit einmal mit dem beigegebenen Goldpulver einzureiben, jedoch nur

sparsam, um nicht Staub zu erzeugen. Ferner sind zu bemerken die zwei Saugerpaare von Messing, das eine an dem schrägen Cylinder-Conductor mm, der genau die in Fig. 47 angedeutete Stelle haben muß, das andere mit den Kugel-Conductoren OO verbunden, deren messingene Verbindungsstücke durch n gehen. Alle vier Sauger müssen beim Gebrauch der Scheibe B möglichst nahe stehen, ohne sie zu berühren. Mit den beiden Kugel-Conductoren sind die Leidener Flaschen PP verbunden, die auf dem Stanniolstreifen Q stehen. Vor jedem Gebrauch sind diese Flaschen mit einem trockenen leinenen Lappen rein abzuputzen.

Die Maschine wirkt am besten in einem recht trocknen, warmen Zimmer, im Winter womöglich in der Nähe des warmen Ofens. Zu große Wärme und directe Sonnenstrahlen sind indessen zu vermeiden, weil sich sonst die Hartgummischeiben leicht verziehen könnten.

Als Vorzürge dieser Maschine werden hervorgehoben einmal ihre Dauerhaftigkeit, dann der Umstand, daß sie selbst unter ungünstigen Luftverhältnissen mittels des Erregers E in Thätigkeit gesetzt werden kann, wo andere Maschinen versagen; sodann die Eigenschaft, daß sie die Elektricität dauernd bindet; endlich soll sie auch intensivere Elektricität liefern als andere Maschinen unter gleichen Verhältnissen. Preis 70 M.

Fig. 49.



Schlösser hat auch noch eine kleinere Maschine von Hartgummi für Volksschulen (Preis 33 Mark) construirt, welche in Fig. 49 dargestellt ist und im

Wesentlichen mit der Carré'schen Maschine (vergl. dieses Jahrb. V, S. 153) übereinstimmt. Auf dem eisernen Grundbret A stehen die Säulen B und C, zwischen denen die beiden Hartgummischeiben D und E durch die Kurbel F und die gekreuzte Triebschnur in entgegengesetzte Rotation gebracht werden können. Auf B befindet sich der Kugel-Conductor O, welcher durch einen horizontalen starken Messingdraht mit dem Sauger g und einer kleinen vierkantigen Hartgummiplatte i in Verbindung steht, die mit Papier beklebt ist, auf welchem wieder kammförmig kleine Stanniolstreifen angebracht sind; beide, g und i, stehen beiderseits der Scheibe E möglichst nahe, ohne sie indessen zu berühren. Ein zweiter Conductor ist mittels eines Ringes an B befestigt, besitzt bei l ein Scharnier und trägt an dem einem Ende die Kugel k, am andern den Sauger h. Die Scheibe E sitzt fest auf ihrer Achse, D aber läßt sich seitlich auf der ihrigen verschieben, indem man die auf ihrer Hartgummizwinge befindliche Messingschraube lüftet. Man kann auf diese Weise die beiden Scheiben einander ganz nahe bringen. Das Reibkissenpaar m, welches vor Staub und namentlich vor Feuchtigkeit sorgfältig zu schützen ist, wird mit seiner Feder an das eiserne Grundbret gedrückt, wobei die Kissen in der angedeuteten Weise über die Scheibe D gestreift werden. Am Kugel-Conductor ist noch eine kleine Leidner Flasche n so aufgehängt, daß das Stanniolbeleg den untern Conductor berührt.

Vor dem Gebrauch wird die Scheibe D mit einem sehr trockenen Wollenlappen abgewischt, auch sind die Reibkissen gegen einander zu reiben; die Kugel k ist dem Kugel-Conductor auf etwa $^1/_8$ Zoll zu nähern.

Dreht man nun die Kurbel F, so beginnen sehr rasch lebhafte Funken zwischen den Conductoren überzuspringen.

Eine Vergleichung der Leistungen verschiedener Elektrisirmaschinen hat Mascart angestellt*). Seine Versuche ergaben folgende relative Werthe für die Menge der entwickelten Elektricität:

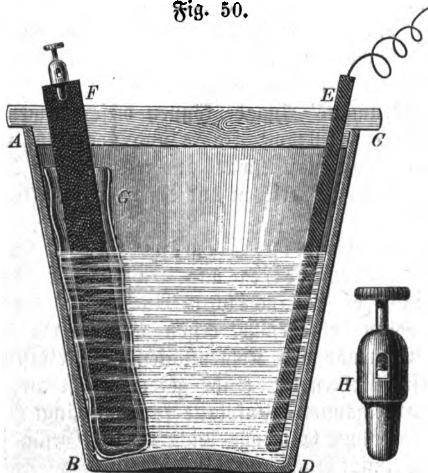
---

*) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 267 nach Comptes rendus, T. 76, p. 1061.

	Maschine	Scheiben-durchmesser		Elektricitätmenge pro Umlauf	Elektricitätmenge pro Secunde
1.	Ramsden'sche	0,97	M.	1,00	1,00
2.	desgl.	1,62	„	1,70	1,70
3.	desgl. mit isolirten Kissen	0,98	„	1,00	1,00
4.	Van Morum'sche	0,84	„	1,40	1,40
5.	Nairne'sche Cylinder . . .	0,32	„	1,18	0,27
6.	Holtz'sche gewöhnliche . .	0,55	„	0,45	4,50
7.	„ doppelte . . .	0,55	„	0,86	8,60
8.	„ mit entgegengesetzt laufenden Scheiben . .	0,30	„	0,23	2,30
9.	Carré'sche m. Ebonitscheiben	0,50	„	0,15	1,50
10.	Armstrong'sche				2,40

Alle Reibungsmaschinen wurden auf gleiche Weise in Stand gesetzt, die Kissen gefettet und nach Masson mit Amalgam und Musivgold bestreut; die Holtz'schen Maschinen

Fig. 50.



wurden gewärmt. Ueberhaupt wurden alle Versuche unter ziemlich günstigen Umständen angestellt, damit die Apparate ihre größte Wirkung geben konnten.

Was die in obiger Zusammenstellung erwähnte Armstrong'sche Dampfelektrisirmaschine anlangt, so ist dieselbe von Rühmkorff gebaut, hat 3 Brenner und einen Kessel von 0,8 Meter Länge. Die angegebene Elektricitätsmenge liefert sie bei etwa 5 Atmosphären Dampfdruck; sie giebt alsdann Funken von 13 bis 15 Centimeter Länge.

Braunstein-Elemente. — Boumans in Mastricht hat vor einigen Jahren eine Modification des Leclanché'schen Elementes beschrieben.*) Nachdem er dasselbe noch mehr vereinfacht hat, besitzt sein Element die in Fig. 50 angegebene Gestalt. In dem konischen Glasgefäße ABCD, welches durch einen mit Asphalt überzogenen Holzdeckel geschlossen ist, stehen einander der Zinkstab E und die Kohlenplatte F gegenüber, welche letztere von einem Sack aus Wollenzeug umgeben ist. Der Raum zwischen dem Stoffe und der Platte F ist mit grob gepulvertem Braunstein gefüllt. Zur Herstellung des Contactes ist an der Kohle eine messingene Klemmschraube H angebracht, die in einem mit Platin überzogenen Kegel endet. Diese Scheibe sitzt durch Reibung auf der Platte fest und bildet einen sicheren und leicht controlirbaren Contact. Das Glasgefäß ist zu drei Vierteln mit Salmiaklösung gefüllt.

Nach Boumans' Angabe können diese Elemente zum Betrieb von Läutewerken zwei Jahre und noch länger in Thätigkeit sein, ohne daß man etwas anderes zu thun hat, als das verdampfte Wasser zu ersetzen und einige Salmiakkrystalle hinzuzufügen.

Das Braunstein-Element für Haustelegraphenbetrieb von Keiser und Schmidt in Berlin**) ist ebenfalls aus der Leclanché'schen Anordnung hervorgegangen. In einem hohen Glasgefäße, dessen Boden etwa 5 Ctm. hoch mit einem Gemenge von Kohlenstücken und Braunstein bedeckt ist, steckt eine Kohlenplatte; ihr gegenüber ist an einem Holzdeckel eine amalgamirte Zinkplatte so aufgehängt, daß sie nicht bis in das erwähnte Gemenge reicht. Das Gefäß ist mit concentrirter Salmiaklösung mit Ueberschuß des Salzes gefüllt. Um mehrere Elemente zu einer Batterie zu verbinden, ist an

*) Dinglers Journ. Bd. 201, S. 305.
**) Ebendas. Bd. 212, S. 220.

die Zinkplatte ein Zinkstreifen angelöthet, welcher mit einer Klemme gegen die Kohle des nächsten Elementes gedrückt wird. Um das lästige Effloresciren zu verhüten, ist die Kohle oben mit Paraffin getränkt, auch ist der Holzdeckel mit Asphalt überzogen und der innere Rand des Glases mit Talg bestrichen.

Für mäßige Anlagen sind nur drei Elemente, für größere 4 bis 5 erforderlich. Dieselben können 18 Monate arbeiten, ohne eine Neufüllung zu bedürfen.

Der Scientific American vom Oct. 1874 bringt die Beschreibung dreier galvanischen Batterien mit Salmiakfüllung*), von denen die zweite mit der oben beschriebenen Anordnung von Boumans übereinstimmt. Die Elemente der beiden andern haben folgende Einrichtung.

Bei der ersten nimmt ein mit verdünnter Schwefelsäure gefüllter Kupferbecher die poröse Zelle auf, welche mit einer starken wässrigen Salmiaklösung gefüllt wird, in die das amalgamirte Zink gestellt wird. Indem die Schwefelsäure durch die Zelle dringt, wird Salmiak zersetzt, die freiwerdende Salzsäure greift das Zink an, und es kommt so ein Strom zu Stande.

Bei der anderen Anordnung wird in einen Kupferbecher eine mit einer starken Salmiaklösung gefüllte poröse Zelle und eine amalgamirte Zinkplatte gebracht; der äußere Raum wird mit Regenwasser gefüllt, in welchem man rings um die poröse Zelle eine Anzahl Streichhölzchen anbringt. Letztere sollen Ozon liefern, dem man die ziemlich kräftige Wirkung des Elementes zuschreibt.

J. Morin hat vor einigen Jahren**) ein galvanisches Element mit Kupfervitriol für therapeutische Zwecke angegeben, welches einen continuirlichen Strom liefert und kein Kupfer niederschlägt. Dasselbe besteht aus einem Kupfercylinder, in dessen Innern concentrisch ein Zinkcylinder aufgestellt ist. Der Raum zwischen beiden wird durch einen Cylinder von Filterpapier in zwei Hälften getheilt, von denen die äußere mit grobem Sand, die innere aber mit Schwefelpulver gefüllt wird. Eine größere Anzahl solcher Elemente wird in eine Lösung von

*) Dingler's Journ. Bd. 214, S. 497.
**) Comptes rendus, 1872 juin 24, p. 1560.

Kupfervitriol gestellt, welche durch kleine Oeffnungen in die Kupfercylinder eindringt. Solche Elemente bleiben zwar jahrelang wirksam, aber ihre elektromotorische Kraft ist nur unbedeutend. Neuerdings hat nun Morin auf ein sehr compendiöses Element aufmerksam gemacht*), welches dem Bunsen'schen sehr ähnlich ist, dem es auch an elektromotorischer Kraft nahe stehen soll. Die Kohle in der Mitte taucht aber nicht in Salpetersäure, sondern in ein von Faucher präparirtes Chromsalz, von welchem a. a. O. nur gesagt wird, daß es, abgesehen vom Wasser, ungefähr die chemische Zusammensetzung der Jacobi'schen Lösung hat. Dasselbe löst sich allmälig in dem Wasser, in welchem das Zink steht.

Batterien mit Selbstenleerung von A. Gawalowski**). Die Anordnung soll den allen constanten Batterien anhaftenden Uebelstand beseitigen, welcher in der allmäligen Veränderung der Füllung, theils in Folge atmosphärischer Einwirkung, theils durch Lösung des einen oder anderen Bestandtheils der Kette besteht. Zu dem Zwecke verbindet Gawalowski das Batterieglas des Elementes mit einer Flasche und ebenso die Thonzelle mit einer anderen Flasche durch ein Heberrohr. Wird das Element hoch gestellt, so fließt die Füllung bis auf einen kleinen Rest in die Flaschen, bei tieferer Stellung dagegen füllt sich das Element wieder. Bei einer Batterie werden alle aus den Batteriegläsern und ebenso alle aus den Thonzellen kommenden Röhren zu einer einzigen Röhre durch Dreiwegrohre verbunden.

Eine einfache Methode zur Herstellung von Kohlezellen und Platten für galvanische Elemente beschreibt W. Symons in Barnstaple***). Ein Syrup aus gleichen Theilen Lumpenzucker und Wasser wird mit pulverisirter Holzkohle unter Zusatz von ungefähr dem sechsten Theile des unter dem Namen „vegetabilisches Schwarz" im Handel vorkommenden leichten Pulvers gemengt, so daß eine zähe Flüssigkeit entsteht, welche an einer hineingetauchten Form in einer dicken Schicht anhaftet, aber doch soweit flüssig ist, daß eine gleich-

*) Comptes rendus, 1874 avril 6, p. 954.
**) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 626.
***) Nature, 1874 Nov. 5, p. 8.

mäßige Oberfläche entsteht. Der Zusatz von vegetabilischem Schwarz soll in dieser Hinsicht wesentlich sein.

Man macht sich nun Zellenformen aus steifem Papier, das man mit Wachs oder Schellack zusammenklebt. Diese Formen taucht man in die Syrupmasse, so daß nur die Außenseite bedeckt wird und läßt dann trocknen. Dieses Eintauchen und Trocknen wird so lange wiederholt, bis eine hinlänglich dicke Schicht auf dem Papiere gebildet ist. Dann gräbt man die Formen in Sand ein und erhitzt sie in einem Ofen, um das Papier zu zerstören. Nachdem man hierauf die Zellen von Sand und Papierkohle gereinigt hat, werden sie einige Stunden in verdünnte Salzsäure gestellt, abermals gut getrocknet und dann in Zuckersyrup getaucht. Nach dem Trocknen werden sie, in Sand verpackt, in einer eisernen Büchse allmälig bis zur Weißgluth erhitzt, worauf man sie abkühlen läßt. Zerbrochene Zellen braucht man nicht wegzuwerfen, sondern nur mit Papier oder Gyps zu überziehen, in geschmolzenes Paraffin zu tauchen und aufs Neue zu glühen.

Stäbe oder Platten werden aus einer ähnlichen, aber etwas dickeren Masse gepreßt. Die so erhaltene Kohle soll einen guten metallischen Klang und glänzenden Bruch besitzen.

An diese Notizen über verschiedene galvanische Batterien schließen wir den Auszug aus einer längeren Arbeit über

die galvanische Polarisation durch Chlor und Wasserstoff. Schon im Jahre 1846 haben Lenz und Saweljew Untersuchungen veröffentlicht*), aus denen sie schließen, daß die Polarisation des Platins durch Chlor so gut wie Null ist. Ihr Voltameter bestand aus zwei in einander stehenden Gefäßen, das innere aus Thon; die Elektroden bestanden aus Platinplatten, die positive tauchte in käufliche concentrirte Salpetersäure, die negative in gewöhnliche Salpetersäure, die eine beträchtliche Menge Salzsäure enthielt. Bei dieser Anordnung war indessen die Polarisation an beiden Polen gleich und daher keine Differenz wahrnehmbar. Später hat Beetz bei seinen Untersuchungen über die Gasketten die elektromotorische Kraft der Polarisation des mit chemisch entwickelten Chlor beladenen Platins gegen reines Platin gemessen**).

*) Poggend. Ann. Bd. 67, S. 497.
**) Ebendas. Bd. 77, S. 493.

Neuerdings hat Dr. D. Macaluso aus Palermo im physikalisch-chemischen Laboratorium des Prof. G. Wiedemann in Leipzig eine Untersuchung über diesen Gegenstand angestellt*), deren Hauptergebnisse wir hier vorführen.

Die Untersuchungen ergaben, daß gewöhnliches Chlor, aus Salzsäure und Braunstein bereitet, sich wesentlich anders verhält, als elektrolytisch aus Salzsäure abgeschiedenes elektrisches Chlor.

Um zunächst die elektromotorische Kraft des mit kleinen Mengen gewöhnlichen Chlors beladenen Platins zu bestimmen, wurden drei Gläser mit reiner, vorher ausgekochter Salzsäure gefüllt. Dieselben waren durch zwei mit der gleichen Flüssigkeit gefüllte, an den Enden mit Pergamentpapier verschlossene Heber verbunden. In das erste wie in das letzte Gefäß tauchte eine Platinplatte, und von diesen Platten gingen Leitungsdrähte nach dem Messungsapparate. Die Flüssigkeit in dem einen dieser beiden äußern Gefäße wurde nun vollständig mit Chlor gesättigt und dann wurden einige abgemessene Tropfen dieser gesättigten Lösung in das andere der beiden äußeren Gefäße gebracht, wobei die Aenderung der elektromotorischen Kraft der so gebildeten Kette für den Zutritt eines jeden neuen Tropfens gemessen wurde. Die Messungen erfolgten mittels der Compensationsmethode unter Anwendung eines von G. Wiedemann abgeänderten Wheatstone'schen Rheostaten und eines Daniell'schen Normalelementes von der in Wiedemann's Galvanismus 2. Aufl. S. 332 beschriebenen Einrichtung.

Zunächst wurde die elektromotorische Kraft der Kette gemessen, ehe man die tropfenweise Einführung der mit Chlor gesättigten Lösung begann; es ergab sich dabei, daß ein Platinblech, welches in eine Lösung von Salzsäure taucht, die freies Chlor enthält, gegen ein anderes Platinblech, das in eine gleiche, nur von Chlor freie Flüssigkeit taucht, eine elektromotorische Kraft der Polarisation gleich 0,62 von derjenigen des Daniell'schen Normalelementes entwickelt.

Die weitere Untersuchung zeigte, daß die elektromotorische Kraft des Platins in einer Lösung von Chlorwasserstoffsäure,

---

*) Berichte über die Verh. der kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. Math.-phys. Cl. Bd. 25 (1873). S. 306.

die eine sehr kleine Menge freien Chlors enthält, gegen reines Platin nicht constant ist, sondern mit der Zeit bis zu einem Maximum wächst.

Werden der Chlorwasserstoffsäure wachsende Mengen von Chlor zugesetzt, so wächst die elektromotorische Kraft bis zu einem gewissen Punkte, von dem an sie nahezu constant bleibt.

Befindet sich das Platinblech beim Hinzufügen der Chlorlösung vom Anfang an in der Flüssigkeit, so wächst die elektromotorische Kraft gleich von vorn herein schnell, nahezu proportional der zugefügten Chlormenge, und nähert sich dann allmälig einem Maximum. Wird dagegen das Platinblech erst nach dem Zusatze der Chlorlösung in die Flüssigkeit eingetaucht, so wächst die elektromotorische Kraft beim ersten Tropfen der Chlorlösung nur langsam und erst bei den folgenden Tropfen nähert sich der Gang der Erscheinung dem des vorigen Falles.

Macaluso glaubt diese Umstände aus den Annahmen erklären zu können, daß einmal die elektromotorische Kraft nur von der Menge der auf der Oberfläche des Platins condensirten Chlors, nicht aber von der in der Lösung befindlichen Menge desselben abhängt; daß ferner Platin und Glas eine stärkere Anziehung auf das Chlor ausüben, als die Flüssigkeit, und daß endlich diese Anziehung beim Platin größer ist als beim Glase. Bei den Versuchen bedurfte das Platin 3 bis 4 Mal soviel Chlor zur Sättigung als die Glasfläche und mit Berücksichtigung der Größe der Oberflächen würde daraus folgen, daß die Chlormengen, welche man zum Sättigen gleich großer Platin- und Glasflächen braucht, sich wie 20 bis 30 zu 1 verhalten.

Demnächst wurden nun Versuche mit elektrolytisch aus Salzsäure abgeschiedenem oder elektrischem Chlor angestellt. Drei Bechergläser a, b, c wurden mit Salzsäure gefüllt und durch zwei Heber mit einander verbunden, die mit derselben Flüssigkeit gefüllt waren. In jedes Glas tauchte eine Platinplatte. Die Lösungen in a und b wurden mit Chlor gesättigt und durch die Platten in b und c ließ man einen Strom gehen, so daß sich in b Chlor, in c aber Wasserstoff abschied. Durch einen Interruptor wurde dieser Stromkreis geöffnet und ein anderer geschlossen, in welchem sich die Platten von a und b, sowie der Messungsapparat befanden. Auf diese Weise wurde die elektromotorische Kraft der Polarisation einer mit elektroly-

tisch ausgeschiedenem Chlor bedeckten Platinplatte gegen eine andere, mit gewöhnlichem Chlor bedeckte gemessen, wobei beide Platten sich in derselben, mit freiem Chlor gesättigten Salzsäurelösung befanden. Die Versuche ergaben nun folgende Resultate:

Die elektromotorische Kraft der Polarisation eines Platinbleches, welches mit elektrischem Chlor bedeckt ist, ist größer als diejenige eines mit gewöhnlichem Chor bedeckten.

Anfangs, wenn der Strom durch eine frische, aber schon mit chemischem Chlor gesättigte Lösung zum ersten Male geleitet wird, ist die Polarisation mit elektrischem Chlor eine Zeit lang constant und nur wenig stärker als mit chemischem Chlor; dann aber steigt sie schnell und nähert sich asymptotisch einem Maximum. Bei den Versuchen zeigte sich die elektromotorische Kraft der Polarisation einer mit elektrischem Chlor bedeckten Platinplatte gegen eine mit gewöhnlichem Chlor bedeckte im Maximum gleich 0,46 der angewandten Einheit; da nun die elektromotorische Kraft der Polarisation einer mit chemischem Chlor bedeckten Platte gegen eine von Chlor freie vorher gleich 0,62 gefunden wurde, so ist diese Kraft bei einer mit elektrischem Chlor bedeckten Platte gegen eine von Chlor freie gleich 1,08, und die elektromotorische Kraft der Polarisation einer mit elektrischem Chlor bedeckten Platte beträgt $\frac{108}{62} = 1,7$ derjenigen einer mit chemischem Chlor bedeckten.

Eine Platinplatte, welche in die Lösung getaucht ist, in der vorher elektrisches Chlor entwickelt wurde, zeigt eine etwas größere elektromotorische Kraft, als eine andere Platte, welche in das Gefäß mit der Lösung von gewöhnlichem Chlor eintaucht, wenn auch der polarisirende Strom längere Zeit unterbrochen geblieben ist und man die Platte geglüht und mit Kalilauge, Wasser und Säuren gekocht hat. Dieser Unterschied ist um so größer, je länger früher der Strom durch die Flüssigkeit gegangen ist. Auch das anfängliche Constantbleiben der elektromotorischen Kraft wird auf um so kürzere Zeit eingeschränkt, je länger früher der Strom durch die Flüssigkeit gegangen ist.

Aus diesen Beobachtungen zieht nun Macaluso mit Berücksichtigung aller Nebenumstände den Schluß, daß das durch den elektrischen Strom an einer Platinplatte ab=

geschiedene Chlor eine stärkere (negative) elektromotorische Kraft hat, als gewöhnliches Chlor. Dieses elektrolytische oder „active" Chlor steht zu dem gewöhnlichen Chlor in einem ähnlichen Verhältnisse wie ozonisirter Sauerstoff zu gewöhnlichem.

Bringt man eine frische Platinplatte in die mit gewöhnlichem Chlor gesättigte Lösung und läßt dann den Strom durchgehen, so wird Anfangs der größte Theil des durch den Strom abgeschiedenen Chlors vom Platin aufgenommen und verdichtet sich in den Poren desselben; nur ein geringer Theil wirkt polarisirend und daher ist auch die elektromotorische Kraft anfangs ziemlich constant und nur wenig größer, als bei Anwendung gewöhnlichen Chlors. Erst wenn das Platin zum Theil mit Chlor gesättigt ist, nimmt die elektromotorische Kraft zu; es darf nur eine theilweise Sättigung stattfinden, „denn da nach einer Oeffnung des polarisirenden Stromes während einer Minute das Chlor seine Activität verliert, so kann das Maximum der Polarisation nur durch das in der letzten Minute vor dem Oeffnen des Stromes entwickelte active Chlor bedingt sein." Da nun mehrere Stunden erforderlich sind, um das Maximum zu erreichen, so muß man annehmen, „daß von dem durch den Strom entwickelten activen Chlor stets ein Theil von den Poren des Platins absorbirt wird, und daß dieser Theil um so kleiner wird, je mehr sich die Platte ihrem Sättigungsmaximum nähert; es bleibt demnach eine stets zunehmende Menge des in der letzten Minute vor der Messung entwickelten activen Chlors an der Oberfläche, um eine größere Polarisation hervorzurufen." Wendet man aber ein Platinblech an, welches schon früher zum Theil mit Chlor gesättigt war, so beginnt die elektromotorische Kraft gleich vom Anfang an zu steigen, denn das Platin hält das Chlor in seinen Poren längere Zeit fest, und es ist schwierig, es vollständig zu entfernen. Macaluso fand, daß selbst eine Temperatur von 101° C. hinzu nicht genügt.

Eine größere Concentration der Lösung, sowie eine Erhöhung der Temperatur ist der Bildung activen Chlors ungünstig. Schon oben wurde bemerkt, daß das active Chlor sehr rasch, etwa in einer Minute, in gewöhnliches Chlor übergeht; dieser Uebergang erfolgt um so rascher, je concentrirter die Salzsäure ist.

Gewöhnliches Chlor, das sich in der Lösung befindet, besitzt nicht die Fähigkeit, in die Poren des Platins einzudringen.

Kohle zeigte ähnliche Erscheinungen wie das Platin, wenn man sie als Elektrode verwendete; sie wurde aber sehr stark von dem activen Chlor angegriffen, auch wenn sie so hart war, daß sie sich kaum mit der Feile bearbeiten ließ.

Macaluso hat ferner gezeigt, daß auch Wasserstoff, durch den elektrischen Strom abgeschieden und im Status nascens auf einer Platinplatte condensirt, eine weit größere (positive) elektromotorische Kraft der Polarisation entwickelt, als gewöhnlicher Wasserstoff. Auch beim elektrolytisch abgeschiedenen Wasserstoff nimmt diese Kraft mit der Zeit des Durchganges des polarisirenden Stromes zu und nähert sich einem Maximum. „Der Maxinalwerth der elektromotorischen Kraft zweier Platinplatten, die in dieselbe Lösung von Salzsäure tauchen und von denen die eine mit elektrischem Wasserstoff bedeckt ist, während die andere von Gas frei ist, verhält sich zu der constanten elektromotorischen Kraft einer mit gewöhnlichem Wasserstoff bedeckten Platinplatte gegen eine von Gas freie, wie 94 : 68.“ Größere Concentration der Lösung hindert auch die Bildung activen Wasserstoffes und beschleunigt seine Umwandlung in gewöhnlichen, die ohnedieß sehr rasch erfolgt. Die Temperatur hat keinen Einfluß auf die Bildung activen Wasserstoffes, wenn der polarisirende Strom stark ist; bei schwachen Strömen vermindert sich die Activität mit steigender Temperatur. Damit die elektromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte ihr Maximum erreicht, ist es nöthig, daß die Poren des Platins mit Wasserstoff gesättigt sind, und diese Sättigung kann dadurch hervorgebracht werden, daß Wasserstoff entweder direct auf der betreffenden Platte oder in der Lösung selbst entwickelt wird, in welche die Platte taucht. Bei Kohleelektroden sind die Erscheinungen ähnlich.

Thermoelektricität. — Die Thermoelektricität der Krystalle ist zuerst am Turmalin, einem durch den Hemimorphismus seiner Gestalt ausgezeichneten Minerale, beobachtet worden, und da auch an mehreren andern im Laufe des vorigen Jahrhunderts als thermoelektrisch erkannten Mineralien ein gleicher Hemimorphismus entweder beobachtet oder vermuthet wurde, so betrachtete man den Hemimorphismus als die absolut nothwendige Bedingung für das Hervortreten der Thermoelektricität,

wobei die Enden einer jeden elektrischen Achse stets entgegengesetzte elektrische Polaritäten zeigen sollten. Das Irrige dieser Vorstellung erkannte erst W. Hankel durch eine genaue Erforschung der elektrischen Eigenschaften des Topases (s. dieses Jahrb. VIII., S. 172); seitdem hat derselbe seine Untersuchungen weiter fortgesetzt*) und gefunden, daß die Thermoelektricität eine allgemeine Eigenschaft aller Krystalle bildet. „Um die thermoelektrische Erregung überhaupt möglich zu machen, genügt schon die bloße Verschiedenheit der krystallographischen Achsen. Da aber bei allen nicht hemimorphen Krystallen die beiden Enden einer und derselben Achse gleichwerthig sind, so müssen sie sich auch elektrisch gleich verhalten, und es werden daher die beiden Elektricitäten, welche bei den hemimorphen Krystallen an den ungleich ausgebildeten Enden einer und derselben Achse auftreten, bei den symmetrischen Krystallen sich an die ungleichwerthigen Achsen vertheilen." Es ist auch Hankel bereits gelungen, an einer großen Zahl symmetrischer Krystalle elektrische Erregungen, oft in beträchtlicher Stärke nachzuweisen.

Von hemimorphen Krystallen sind bis jetzt elektrisch gefunden: Turmalin, Kieselzinkerz, Struvit, Zucker, die beiden Weinsäuren und ihre Salze, Bergkrystall, Boracit und Rhodicit; unter den nicht hemimorphen hat Hankel untersucht:

aus dem tetragonalen Systeme: Vesuvian (Idokras), Apophyllit, Brucit,
„ „ hexagonalen „ : Beryll, Phenakit, Apatit, Kalkspath,
„ „ rhombischen „ : Topas, Schwerspath, Aragonit, Prehnit,
„ „ monoklinoedrischen „ : Orthoklas, Euklas, Titanid, Diopsid, Skolezit, Gyps,
„ „ triklinoedrischen „ : Albit (Periklin) und Axinit.

Aus diesem Verzeichnisse thermoelektrischer Krystalle ist er-

*) Ueber die thermoelektr. Eigensch. des Topases s. Abh. der math.-phys. Cl. der kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch Bd. IX, S. 357; über die thermoelektr. Eigensch. des Schwerspathes dies. Bd. X, S. 269; über th. Eigensch. des Arragonites nebst einer Uebersicht über die von Entwickelung der Lehre der Thermolektricität der Krystalle dies. Bd. X, S. 341; über die th. Eigensch. des Kalkspathes, Berylles, Idokrases und Apophyllites dies. Bd. XI, S. 199; eine übersichtliche Darstellung in Poggend. Ann. Jubelbd. S. 649.

sichtlich, „daß bereits eine Verschiedenheit, wie sie unter den drei Achsen im rhombischen Systeme oder zwischen der Haupt- und den Nebenachsen im tetragonalen und hexagonalen System, existirt, hinreicht, um das Auftreten elektrischer Spannungen bei steigender und sinkender Temperatur zu ermöglichen.“

In der Meinung, daß nur hemimorphe Krystalle thermoelektrisch werden können, sprach Hauy im J. 1801, als ihm nur an einem Ende ausgebildete Krystalle des Topases bekannt waren, die Vermuthung aus, daß, wenn später vollständige Krystalle dieses Minerales gefunden werden sollten, dieselben an ihren Enden, wie die Turmaline, eine verschiedene Gestaltung zeigen würden. Dies bestätigte sich denn auch in der Folge. Ebenso sind beim Schwerspathe an den beiden Enden der Makrodiagonale, und beim Beryll an den beiden Enden der Hauptachse verschieden gebildete Krystalle bekannt. Hankel glaubt indessen, daß diese Unsymmetrie „allein durch äußere Aenderungen und Störungen während des Wachsens der Krystalle, namentlich durch Aenderungen der Temperatur, der Concentration und der Zusammensetzung der flüssigen Masse, aus welcher sich die Krystalle bildeten u. s. w.“ entstanden sei, daß sie nicht die Gestalt des Moleküles, sondern nur die äußere Begrenzung des Krystalles betreffen. „Die Beobachtungen der thermoelektrischen Vorgänge sowohl auf ringsum ausgebildeten, als auch auf verletzten oder absichtlich zersprengten Krystallen des Topases, Schwerspathes und Berylles weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß wir es bei diesen Mineralien ... nur mit zufälligen Störungen der symmetrischen Formen zu thun haben.“

Auf Grund der von ihm beobachteten themoelektrischen Erscheinungen tritt Hankel auch der allgemeinen Ansicht entgegen, daß beim Zersprengen eines Krystalles alle physikalischen Eigenschaften, mit Ausnahme der äußeren Begrenzung in den einzelnen Bruchstücken dieselben sind, wie im ursprünglichen Krystalle. Die Untersuchung der optischen und thermischen Eigenschaften spricht allerdings für diese Annahme. „Im Gegensatz hierzu zeigen die thermoelektrischen Erscheinungen an den symmetrischen Krystallen, z. B. des Topases, des Schwerspathes, daß die obige bisher geltende Ansicht nicht aufrecht erhalten werden kann: die thermoelektrischen Vorgänge auf ringsum ausgebildeten Krystallen sind andere als auf bloßen Bruchstücken, und ebenso finden

sich in dem elektrischen Verhalten der einzelnen Bruchstücke Verschiedenheiten, welche von der speziellen Lage derselben im ganzen Krystalle herrühren." Es ist daher nach Hankel der Krystall „als ein in sich abgeschlossenes Individuum in der unorganischen Natur zu betrachten, bei welchem ebenso wie bei dem Individuum im Bereich des Organischen die einzelnen Theile nicht dem Ganzen und einander gleichen, selbst wenn die äußere Form . . . vollkommen ähnlich ist."

Hankel gedenkt weiter des Einflusses, den die äußere Form der Krystalle, sowie die Art ihres Wachsthums auf die elektrischen Vorgänge übt. Bei hemimorphen Krystallen scheint die Lage der elektrischen Pole nur von der Lage des unsymmetrischen Moleküles abzuhängen; bei symmetrischen Krystallen dagegen hat „die Gesammtgestalt des Krystalles und die Beschaffenheit seiner Begrenzungsflächen, sowie die Art und Weise, wie er sich gebildet hat, oder in welcher Richtung er gewachsen ist, einen mehr oder weniger großen Einfluß" auf die Vertheilung der beiden Polaritäten. „Während beim Zerbrechen hemimorpher Krystalle auf den beiden neu entstandenen Bruchflächen stets entgegengesetzte Polaritäten auftreten, so daß also jedes Stück wieder dieselben elektrischen Pole wie der ganze Krystall besitzt, ist dies bei den symmetrischen Krystallen nicht mehr der Fall; die beiden durch das Zersprengen neu entstandenen Bruch- oder Durchgangsflächen können je nach ihrer Lage im ganzen Krystalle gleiche oder entgegengesetzte Polarität, und zwar in verschiedener Stärke darbieten." Hankel hat u. A. mehrfach beobachtet, daß z. B. auf Bruchstücken zweier einer verschiedenen Bildung unterworfen gewesenen Schwerspathkrystalle, selbst wenn jene Bruchstücke in ihrer äußeren Form nahe oder ganz übereinstimmen, doch auf krystallographisch gleichnamigen Flächen gerade die entgegengesetzten elektrischen Spannungen wahrgenommen werden."

In Amerika haben in den letzten Jahren die Professoren A. Schrauf und E. S. Dana die thermoelektrischen Eigenschaften verschiedener Mineralien untersucht. Bei dieser Arbeit, über welche sie in Hartford auf der Versammlung der American Society for the Advancement of Science Bericht erstattet haben*), sind sie ebenfalls zu dem schon von Hankel ge-

*) Nature, 1874, Oct. 1, p. 444.

fundenen Resultate gelangt, daß das Auftreten der entgegengesetzten Elektricitäten beim Erwärmen eines Krystalles nicht an die Hemimorphie gebunden ist.

Elektricitäts-Entladung.

Blitzröhren. Ein neues Beispiel für die Entstehung dieser seit Anfang des vorigen Jahrhunderts bekannten, zuerst 1780 von Dr. Withering in England richtig gedeuteten und später namentlich von dem sächsischen Bergcommissär Dr. Fiedler genauer untersuchten, aus zusammengesickertem Sande bestehenden Röhren hat neuerdings P. Harting veröffentlicht.*)

Am 11. April 1873 Nachmittags 5 Uhr, stieg über dem Dorfe Elspert in Geldern, in der sogenannten Deluwe, einer aus mächtigen Schichten Diluvialsand gebildeten Gegend, ein starkes Gewitter auf. Während des heftigen Regens beobachtete ein an seinem Hause stehender Pächter, wie in etwa 200 Schritt Entfernung ein Blitzstrahl in ein Feld mit Buchwaizen einschlug. Als er eine Stunde nachher, nach dem Aufhören des Regens, den Ort besichtigte, fand er den Buchweizen auf einer Fläche von etwa 30 Meter Umfang niedergedrückt und in der Mitte verbrannt. Hier waren in etwa 1 Meter Entfernung zwei Löcher sichtbar, das eine von etwa 3, das andere von 4 Centimeter Weite. Am andern Morgen grub er nach und fand, soweit die obere etwa 1 Meter dicke Humusschicht reichte, „verkohlte Erde", darunter aber in jedem Loche einen Fulguriten. Der Boden bestand hier in der Tiefe aus Quarzsand, welcher mit Eisenoxydhydrat lichtbräunlich gefärbt war. In dem größeren Loche wurde der Fulgurit bis 1,8 Meter Tiefe, in dem kleinern bis auf 1,5 Meter ausgegraben; bis dahin zeigten sich keine Verästelungen. Der Pächter übergab die Bruchstücke der beiden Blitzröhren dem Gutsbesitzer, von welchem sie Harting erhielt.

In ihrer äußeren Erscheinung sind diese Blitzröhren den von anderwärts bekannten ganz ähnlich; von Interesse erscheint

*) Notice sur un cas de Fulgurites et sur la présence d'autres Fulgurites dans le sol de la Néerlande. Separatabdruck aus Tome XIV der Mémoires de la classe math. et physique de l'Acad. des Sciences. Amsterd. 1874. Mittheilungen daraus von Nöggerath im „Ausland" 1875, Nr. 1, S. 21.

nur das Ergebniß der Besichtigung mit bewaffnetem Auge. Harting fand dieselbe dabei äußerlich mosaikartig gebildet, indem die abgerundeten Quarzkörner in einer glasartigen gelblichen Masse eingebettet lagen. Auch bemerkte er hin und wieder zwischen den Quarzkörnern schwarze Punkte, die er für Kohlenreste erkannte, welche beim Rothglühen fast gänzlich verschwanden; nur die in der Glasmasse eingeschlossenen erhielten sich. Das Innere der Röhren, aus verglaster Substanz bestehend, war perlweiß, jedoch mit vielen bräunlich-schwarzen theerartigen Flecken, die aber, von der Glasmasse geschützt, beim Brennen sich nicht änderten. Wahrscheinlich rührten sie von der Wirkung des Blitzes auf die vegetabilischen Schichten der Dammerde her. Vielfach zeigten sich auch mit der Lupe kleine Bläschen, die sich als gasleer erwiesen, höchstens Wasserspuren enthalten konnten. Nicht selten waren sie auch geöffnet und erschienen dann als kleine, kraterförmige Vertiefungen.

Die Analyse ergab in den Fulguriten

Eisenoxyd	0.7
Thonerde	0.8
Kalkerde	0.1
Talkerde	0.5
Kali	0.5
Natron	0.6
In Salzsäure unlöslich . .	0.9
Kieselsäure	90.2
Kohlige Substanz und Verlust	5.6
	100.0

Die Kieselsäure findet sich in der unlöslichen Modification in dem Fulguriten, wie sich erwarten läßt. Da die geringen Mengen von Alkalien die Schmelzbarkeit nicht merkbar erhöhen können, so muß nothwendig die Temperatur des Blitzes eine sehr hohe gewesen sein.

Dagegen schließt Harting aus dem engen innern Raume der Röhren, welcher stellenweise nur einige Millimeter weit ist, daß der Blitzstrahl nur sehr dünn sein könne, da ohne Zweifel auch die durch ihn expandirte Feuchtigkeit noch Raum darin eingenommen habe. In keinem Falle könne der Blitzstrahl dicker sein, als der Hohlraum der Röhre. Nöggerath giebt a. a. O. noch drei Beispiele von Blitzschlägen, aus denen

ebenfalls hervorgeht, daß die Elektricität beim Blitze auf ganz engem Raume concentrirt ist.

Fortführende Elektricitätsentladungen. Es hat zuerst Kundt die Bemerkung gemacht,*) daß jedesmal, wenn eine elektrische Entladung zwischen einer mit Lycopodium bestreuten Metallplatte und einer nahen feinen Spitze in freier Luft stattfindet, auf dieser Platte nach vorsichtigem Abklopfen des überschüssigen Pulvers ein scharfbegrenzter kreisförmiger Staubfleck liegen bleibt. Am besten wurde die Figur auf einer rauhen Zinkplatte bei negativer Ladung der Spitze erhalten. Vorläufige Versuche zeigten die Abhängigkeit der Größe dieses Kreises von dem Potentialwerthe der entladenen Elektricität, wie von der Entfernung der Spitze von der Platte. Später hat Schneebeli**) messende Versuche veröffentlicht und Karras***) hat speciell den Einfluß des Potentialwerthes untersucht. Eine Untersuchung der Umstände, welche außerdem noch auf des Auftreten der Staubfigur von Einfluß sind, hat neuerdings W. C. Röntgen in Straßburg angestellt.†)

Zunächst hat derselbe constatirt, daß die Größe des Staubkreises abhängt von der Art des Gases, in welchem die Entladung vorgeht. Unter einer Glasglocke war eine Spitze (Nähnadel) angebracht, welche mittels eines durch das Glas gehenden Messingstabes mit dem äußeren, nicht isolirten Beleg einer Leidener Flasche verbunden wurde. Die Glocke selbst, welche mit Tubus versehen war, stand luftdicht auf einer isolirten Zinkplatte von 285 Millim. Durchmesser, welche mit dem inneren, positiv geladenen Beleg der Flasche verbunden war. Je nachdem nun die Glocke mittels des Tubus mit atmosphärischer Luft, Kohlensäure, Leuchtgas oder Wasserstoff gefüllt war, ergaben sich Kreisdurchmesser von 72, 79, 90 und 93 Millim. Es stimmt diese Reihenfolge der Gase überein mit derjenigen, welche Faraday für die Schlagweite des elektrischen Funkens nachgewiesen hat. Uebrigens hat schon Schneebeli nachgewiesen, daß durch Verdünnung der Luft die Staubkreise vergrößert werden.

---

*) Poggend. Ann. Bd. 136, S. 612.
**) Züricher Vierteljahrsschrift, 1872.
***) Poggend. Ann. Bd. 140, S. 160.
†) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 226.

Ferner hat Röntgen nachgewiesen, daß der Halbmesser der Staubfigur zunimmt mit der Dicke der Lycopodiumschicht.

Sodann ergab sich derselbe abhängig von der Größe der angewandten Metallplatte, und zwar hat Röntgen diese Abhängigkeit durch die Formel

$$x = \frac{by}{a - y}$$

dargestellt, wo y den Durchmesser des Staubkreises, x denjenigen der Metallplatte bedeutet, a und b aber Constante ausdrücken. Doch stellt sich diese Abhängigkeit nur dann recht deutlich heraus, wenn, wie bei der oben beschriebenen Anordnung, die Spitze von der Platte inducirt wird.

Das verschiedene Leitungsvermögen der Metalle scheint ohne Einfluß auf die Größe des Staubkreises zu sein; dieselbe wurde nicht geändert, wenn statt der Zinkplatle eine gleich große Platte von Kupfer oder Blei angewandt wurde, auf Holz verloren die Kreise ihre scharfe Begrenzung.

Rücksichtlich der Abhängigkeit des Kreisdurchmessers vom Abstande der Spitze von der Platte hat Schneebeli angegeben, daß die Curve, welche die Punkte der graphisch dargestellten Versuche verbindet, eine wellenförmige Gestalt besitzt.

Röntgen's Beobachtungen 'haben ein anderes Resultat gegeben. Bei denselben befand sich die Spitze an einem horizontalen Schlitten und darunter war eine große, positiv geladene Metallscheibe isolirt aufgestellt; durch Verschiebung des Schlittens ließ sich so der Abstand der Spitze von der Platte vergrößern oder verkleinern. Es zeigte sich nun, daß der Durchmesser des Staubkreises mit wachsendem Abstande zunahm bis zu einem gewissen Maximalwerthe, dann aber wieder kleiner und schließlich Null wurde. Dieses Maximum wird um so eher erreicht, je stumpfer die Spitze und je kleiner die Platte ist.

Endlich ist noch die Abhängigkeit des Durchmessers des Staubkreises von der Art der Elektricität zu erwähnen, mit welcher die Platte geladen ist. Es ergaben sich nämlich die Kreise merklich größer bei negativer Ladung der Spitze als bei positiver.

Nun ist durch Versuche von Faraday, Wiedemann und Rühlmann, Gaugain, Rieß nachgewiesen, daß beim Uebergange der Elektricität zwischen ungleich großen Elektroden die Schlagweite in einem Gase größer wird, oder daß der Elektricitätsübergang leichter ist, wenn die kleinere Elektrode negativ ist. Man kommt dadurch zu dem Schlusse, daß der Staubkreis um so größer ist, je mehr der Uebergang der Elektricität erleichtert wird.

Abweichend von früheren Beobachtern hat Röntgen nie einen Unterschied in der Schärfe der Kreise bemerkt, je nachdem positive oder negative Elektricität von der Spitze zur Platte strömte.

Um die Entstehungsweise des Staubkreises kennen zu lernen, legte Röntgen eine kleine, zur Erde abgeleitete Messingscheibe auf den bedeutend größeren Teller eines empfindlichen Elektroskopes; die untere Seite dieser Scheibe war mit einer Schellackschicht überzogen. Oberhalb der Scheibe war eine Spitze angebracht, welche man mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung setzte, nachdem man zuvor die Scheibe und den Teller mit Lycopodium bestreut hatte. Die Staubfigur, welche dann entstand, war entweder auf die Messingscheibe beschränkt, oder sie erstreckte sich bis auf den Teller, je nach der Entfernung der Spitze. Im ersten Falle divergirten die Goldblättchen des Elektroskopes nur so lange die Entladung dauerte, es war diese Divergenz lediglich eine Folge der Influenzwirkung der Spitze. Im zweiten Falle divergirten die Blättchen stärker und auch nachdem die Spitze keine Elektricität mehr ausströmte, dauerte die Divergenz fort, das Elektroskop zeigte noch Elektricität von derselben Art, wie die der Spitze. Röntgen schließt hieraus, „daß an denjenigen Stellen der Platte, wo nachträglich das Lycopodium haften bleibt, und nur an diesen Stellen, ein Uebergang der Elektricität aus der Luft in die Platten oder umgekehrt stattgefunden hat."

Was nun die Ursache des Anhaftens des Lycopodiums an der Platte anlangt, so ist diese weder in einem bleibenden elektrischen Zustande des Pulvers, noch etwa in einer Condensation von Wasserdampf an der Platte, wie bei den Moser'schen Bildern, zu suchen; denn beide sind nie nachzuweisen gewesen. Eine andere Erscheinung ist es, welche auf die richtige Erklärung führt. „Bedeckt man eine Metallplatte mit einer dünnen

Terpentinölschicht und bringt dieselbe unter eine elektrische Spitze, so bemerkt man, daß die Flüssigkeitsschicht von einem senkrecht unter der Spitze gelegenen Punkte weggetrieben wird und alsbald eine scharf begrenzte Kreisfläche auf der Platte frei wird; dieselbe erhält sich, solange die Entladung dauert, und ihre Größe stimmt nahezu mit der Größe des unter gleichen Umständen erhaltenen Staubkreises überein. Andere schlecht leitende Flüssigkeiten zeigen dasselbe Verhalten, nur Wasser und gute Leiter lassen nichts derartiges erkennen; man bemerkt bloß, wie auch anfänglich beim Terpentinöl, eine kleine von einem Luftstrom herrührende Vertiefung. Dieses Verhalten beweist, daß die Entstehung des Kreises ihren Grund nicht in einem mechanischen Druck, durch die anprallenden Lufttheilchen ausgeübt, haben kann. Andererseits bemerkt man aber bei einer ziemlich dicken Lycopodiumschicht oder bei solchen von andern schlecht leitenden oder bauschigen Pulvern, daß nach der Entladung eine scharf begrenzte Kreisfläche, wie mit einem Stempel eingedrückt, deutlich sichtbar ist; schweres Pulver, wie Mennige und leitende Pulver zeigen dasselbe nicht, lassen aber auch keine Kreisfläche beim Abklopfen zurück. Eiderdunen und Papierschnitzel, welche anstatt des Lycopodiums auf die Platte gelegt werden, werden bei der Entladung innerhalb eines bestimmten Raumes fest gegen die Platte gedrückt, außerhalb dieses Raumes werden dieselben weggeblasen." Auf diese Erscheinungen stützt nun Röntgen die folgende Erklärung des Staubringes: „Die auf der Platte befindlichen Halbleiter werden durch die von der Spitze kommenden elektrischen Lufttheilchen elektrisirt und behalten die Elektricität während kurzer Zeit bei; in Folge dessen werden dieselben von der nahen, unelektrischen oder entgegengesetzt elektrischen Platte stark angezogen und bilden beim Pulver ein dichteres Gefüge oder treiben bei der Flüssigkeit die zwischenliegenden Theilchen seitwärts weg. Das Haften des Pulvers ist sonach in dem Vorhandensein einer dichteren, mehr compacten Schicht begründet; bei der einseitigen Beleuchtung von Lampenlicht läßt sich der Unterschied zwischen dem Gefüge der beiden Theile einer dünnen Lycopodiumschicht deutlich durch ihre verschiedene Helligkeit bemerken. Es ist somit auch verständlich, warum die Staubfigur im Allgemeinen besser auf einer rauhen als auf einer polirten Platte entsteht."

Die weitere Erklärung des Phänomens veranlaßt Röntgen zu einer Auseinandersetzung der Vorstellung, welche er sich über den Vorgang der Entladung gebildet hat. Wird die Spitze, welche sich in einem Gase befindet, elektrisch, so werden die Gastheilchen, welche die Spitze unmittelbar berühren, dieselbe Elektricität wie diese erhalten; sie werden in Folge dessen abgestoßen, und zwar wegen der beträchtlichen Dichte der Elektricität in der Spitze, mit bedeutender Kraft. Treffen nun diese Lufttheilchen auf einen benachbarten ungleichnamig elektrisirten Körper, so werden sie von demselben angezogen, im Fall, daß kein mechanisches Hinderniß vorhanden ist, gegen ihn anprallen und ihre Elektricität an ihn abgeben. Man könnte nun annehmen, daß sie von dem Körper umelektrisirt und wieder abgestoßen würden, daß einzelne von ihnen mit von der Spitze kommenden Lufttheilchen zusammenträfen und daß eine theilweise Ausgleichung der Elektricitäten einträte ꝛc. Aber bei der Anordnung, deren sich Röntgen bei seinen Versuchen über die Staubfiguren bedient hat, wird die Bewegung der Theilchen von der Spitze nach der Platte vorherrschend, wenn nicht ausschließlich vorhanden sein, weil die elektrische Dichtigkeit in der Spitze ungleich größer ist, als auf der Platte. Die Erscheinungen des elektrischen Flugrades und des elektrischen Windes sind im Einklange mit dieser Vorstellung; es ist aber auch, wenigstens unter gewissen Bedingungen, gelungen, diese Strömung der Lufttheilchen von der Spitze nach der Platte mit dem Töpler'schen Schlierenapparate (Jahrg. IV dieses Jahrb. S. 80) nachzuweisen. Wenn nämlich die Spitze von einer fortwährend mit Leuchtgas gespeisten, unten offenen Glasglocke umgeben war, und die Platte sich in einiger Entfernung unterhalb des unteren Randes der Glocke befand, so wurde bei der Elektrisirung der Spitze sehr deutlich eine schwach conisch geformte Leuchtgasmenge beobachtet, die aus der Glocke austrat; auch entsprach die erzeugte Staubfigur den Dimensionen des Conus.

Im höchsten Grade auffällig ist aber die scharfe Begrenzung der Staubfigur, die sich durch die einfache Annahme einer fortführenden Entladung allein nicht wohl erklären läßt. Röntgen sucht nun diese Erscheinung zu erklären durch die Annahme, daß die Oberfläche der Nadel, wie auch der Metallplatte von einer schlechtleitenden Gasschicht bedeckt ist,

welche der Losreißung elektrischer Theilchen hindernd entgegentritt. Erst da, wo die Abstoßung so groß ist, daß der Widerstand jener Schicht überwunden wird, können sich die Lufttheilchen von der Spitze fortbewegen. Dies ist aber bei einem elektrischen Conus, welcher sich einer entgegengesetzt elektrisirten Platte gegenüber befindet, in der Nähe der Spitze der Fall, wo die Dichtigkeit der Elektricität ihren höchsten Grad erreicht. Es wird daher die Bewegung der Theilchen unterhalb der Spitze am lebhaftesten sein, und es wird einen ganz bestimmten Rayon auf dem Conus geben, wo die Lufttheilchen nicht mehr fortgeschleudert werden, trotzdem, daß die daneben liegenden Theilchen mit großer Energie weggetrieben werden. Durch den letzteren Umstand erklärt sich nun die Bildung eines scharf begrenzten Raumes, innerhalb dessen die Theilchen sich bewegen.

Die Annahme, daß bei gewöhnlicher Temperatur jeder feste Körper, welcher sich in freier Luft befindet, von einer verdichteten, isolirenden Gasschicht umgeben ist, ist eine ziemlich verbreitete und zahlreiche Erscheinungen lassen sich als Stützen derselben anführen. Eine Hauptstütze aber würde diese Hypothese erhalten, wenn es gelänge, die folgende directe Consequenz derselben experimentell zu bestätigen: „Vorausgesetzt, die verdichtete Schicht hindere die fortführende Entladung von Elektricität geringer Dichte, so muß ein isolirter Leiter, welcher unter gewöhnlichen Umständen seine Ladung lange behält, sofort unelektrisch werden, wenn ich die isolirende Gasschicht entferne, ohne daß dadurch die Berührung des Körpers mit den umgebenden, nicht verdichteten Gasschichten verhindert wird.“ Zur Entfernung der isolirenden Schicht könnte man sich aber der Erhitzung des Leiters bedienen. Nun hat aber in der That T. Guthrie eine Reihe von bis dahin unerklärten Erscheinungen beschrieben, welche eintreten, wenn erhitzte Leiter entweder direct mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung gesetzt oder in freier Luft einem elektrischen Körper bis auf einige Centimeter genähert werden. Im ersten Falle ist der elektrische Körper nicht im Stande, Elektricität zu behalten; im zweiten tritt immer eine Entladung des elektrischen Körpers ein. Diese Guthrie'schen Versuche kann man sehr gut mit einem katalytisch glühenden Platindraht (Davy's Glühlampe) anstellen.

Auf ein eigenthümliches elektrisches Glimmlicht hat

W. Feddersen in Leipzig aufmerksam gemacht.*) Versetzt man eine Holtz'sche Influenzmaschine in Thätigkeit, während ihre in Kugeln endigenden Elektroden einander berühren, und rückt alsdann dieselben immer weiter auseinander, so gleichen sich beide Elektricitäten zuerst durch einen Strom leuchtender Funken aus; sodann tritt die Büschelentladung ein, und wenn der Abstand auch für diese zu groß wird, bedeckt sich die positive Kugel auf einer mit wachsender Entfernung der Elektroden im Allgemeinen abnehmenden Fläche mit mattem Glimmlicht, während der negative Pol in der Regel ganz dunkel bleibt. Soweit ist die Erscheinung schon vielfach beschrieben worden; was aber Feddersen besonders hervorhebt, ist der Umstand, „daß in dem letzten Stadium der fast licht- und geräuschlosen Entladung auf der positiven Kugel kleine leuchtende Sterne hervortreten, die sich bei Wiederannährung der Pole vergrößern und — vorausgesetzt, daß diese Annährung nicht, wie zuweilen geschieht, eine plötzliche Aenderung der ganzen Erscheinung hervorruft — anfangs in runde Flecke von Glimmlicht übergehen, um sich später in dem mattleuchtenden Felde aufzulösen." Diese Sterne, von denen oft ein ganzes System auf der positiven Kugel sichtbar ist, „treten am besten bei größerer Entfernung der Elektroden hervor, wenn das allgemeine Glimmlicht für das Auge erloschen ist." Im Ganzen zeigen dieselben eine merkwürdige Stabilität. „Das Merkwürdigste aber ist, daß sie ganz und gar von der gegenüberstehenden negativen, bei oberflächlicher Betrachtung für ganz lichtlos gehaltenen Kugel abhängig sind. Dreht man nämlich diese negative Kugel um eine in der Verbindungslinie liegende (oder auch ihr nahe gelegene) Achse so dreht sich das ganze positive System der leuchtenden Punkte mit ihr, während es seinen Ort im Raume ungeändert beibehält, wenn diejenige Kugel, worauf es sich selbst befindet, in ähnlicher Weise gedreht wird."

Bei aufmerksamer Beobachtung erkennt man nun den Glimmpunkten gegenüber auf der negativen Kugel ganz feine und kurze, oft kaum sichbare Lichtpinsel, an denen man ein zirpendes Geräusch und einen starken elektrischen Wind bemerkt. Diese Erscheinung, sowie der Umstand, daß bei Annährung der

*) Poggend. Ann. Jubelbd. S. 465.

Elektroden die Lichtpunkte in Flächen wirklichen Glimmlichtes übergehen, berechtigen zu dem Schluße, daß die Erscheinung auf der positiven Kugel wesentlich von der negativen Kugel hervorgerufen ist. „Es scheint, daß an den Punkten größter Dichtigkeit (die auf einer polirten Kugel wahrscheinlich durch anhängende Staubtheilchen gebildet werden) die negativ elektrisirten Luftpartikelchen normal zur Oberfläche, jedoch kegelförmig in die umgebende Luft ausströmen, daß aber die Richtung der Kegelachse eine andere und der Oeffnungswinkel des Kegels kleiner und kleiner wird, je mehr die elektrisirten Theilchen aus der Abstoßungssphäre in die Anziehungssphäre des positiven Poles vorrücken, bis sie in der Anordnung eines Cylinders oder eines entgegengesetzt gerichteten Kegels die positive Kugel erreichen.

Feddersen hat diese Erscheinung, vorausgesetzt, daß keine Condensatoren dem Leitungsbogen angelegt waren, bei Influenzmaschinen der verschiedensten Construction beobachtet, desgleichen bei verschiedener und ungleicher Größe der Polkugeln, ebenso bei theilweiser, hin und wieder sogar bei gänzlicher Ableitung des negativen Poles. Im Allgemeinen aber trat die Erscheinung bei einer gewissen Größe der Polkugeln und gewisser Rotationsgeschwindigkeit am besten und leichtesten hervor. Niemals gelang es, das Phänomen mit umgekehrten Zeichen der Elektricitäten hervorzurufen.

Uebergehend zu den Anwendungen der Elektricitätsentladung, kommen wir wieder auf das Problem, eine größere Anzahl von Gasflammen mit Hilfe der Elektricität mit einem Male zu entzünden. Im Jahrg. VIII dieses Jahrb., S. 178, haben wir den von Klinkerfues für diesen Zweck construirten Apparat beschrieben, der, wie es scheint, keine ausgedehntere Anwendung in der Praxis gefunden hat; diesmal beschäftigen wir uns mit Gaiffe's Apparat zum Anzünden der Gasflammen im Sitzungssaale der Nationalversammlung in Versailles*). Zum Anzünden der 256 Flammen an den Kron- und Armleuchtern dieses Saales dient eine Rühmkorff'sche Spule mittlerer Größe mit einem automatischen Quecksilber-

*) Bulletin de la Société d'Encouragement. 1874 Oct. p. 489; Dingler's Journ. Bd. 214, S. 165.

Unterbrecher und einer Leclanché'schen Batterie von 4 Elementen, deren Zinkkolben 4 Quadratdecimeter Oberfläche haben. Zwar giebt diese Batterie keine größere Wirkung als 3 mittlere Bunsen'sche Elemente, denn die Funken der Inductionsspule sind nicht länger als 15 Centim.; es besitzt aber diese Batterie weit längere Dauer. Dieser ganze Apparat steht in einem Schranke, in welchem zugleich die Hähne der Gasrohre liegen. Die Elektricität wird nun zu einem jeden Arme oder Kronleuchter durch ein besonderes Kabel geleitet, die Rückleitung dagegen erfolgt durch ein gemeinsames Kabel. Ein solches Kabel enthält einen Leitungsstrang von je 4 Kupferdrähten von 0,5 Millim. Dicke, der mit drei Lagen von Guttapercha, getheertem Hanf und einem mit Kautschuk getränkten Gewebe überzogen ist. Gestützt werden die Kabel, deren Gesammtlänge 1400 Meter beträgt, durch Träger von Hartkautschuk mit cylindrischen Löchern zur Aufnahme der Kabel; die letzteren liegen an den Unterstützungsstellen in 2 Millim. dicken Kautschukrohren. Jedes Kabel läuft von einem isolirten Knopfe aus, der sich durch einen Entlader mit der inducirten Spule in Verbindung setzen läßt. Die sämmtlichen Knöpfe sind numerirt und auf einer isolirenden Platte angeordnet. Das andere Ende der Spule ist beständig mit dem Rückleitungskabel verbunden. Auf jedem Leuchter ist das Zuleitungs- und Rückleitungskabel durch eine sorgfältig isolirte metallische Leitung verbunden, die aber an jedem Brenner eine Unterbrechung hat. Zu dem Zwecke ist am Fuße jedes Brenners in den die Glocke tragenden Metallring ein dicker Hartkautschuk-Block eingelassen, in welchem zwei in Platinspitzen auslaufende Kupferdrähte liegen. Diese Platinspitzen sind 1/3 bis 1/2 Millim. von einander entfernt, und dabei befindet sich die eine in der anzuzündenden Gassäule, die andere aber etwas höher, außerhalb derselben, sodaß der überspringende Funke immer ein explosibles Gasgemisch trifft. Die Kupferdrähte der einzelnen Brenner eines Leuchters — bei den größten Kronleuchtern 54 — sind mit einander verbunden und bilden die Leitung zwischen dem Zu- und Rückleitungskabel.

Um die Flammen zu entzünden wird zunächst der Stromkreis der Batterie geschlossen und dadurch die Inductionsspule in Thätigkeit gesetzt; dann werden die Gashähne geöffnet, und zuletzt führt man mittels des Entladers die Funken nach den

verschiedenen Knöpfen. Das ganze Anzünden dauert kaum 15 Secunden. Da die Batterie im Augenblicke der Entzündung eine sehr beträchtliche, in der Zeit der Ruhe aufgespeicherte Ladung besitzt, so giebt sie eine viel stärkere Entladung als unter gewöhnlichen Umständen nöthig ist. Die Entzündung wird in Folge dessen auch bei sehr feuchter Beschaffenheit der Luft mit großer Zuverlässigkeit von statten gehen. Gar zu oft hinter einander darf man allerdings die Entzündung nicht vornehmen, ohne die Sicherheit des Erfolges zu gefährten; doch konnte man ohne Mißerfolg 20 mal hinter einander die Flammen anzünden, was für eine hinreichende Sicherheit spricht. Nothwendig ist es aber, nach erfolgtem Anzünden den Stromkreis zu unterbrechen; Gaiffe hat deshalb die Einrichtung getroffen, daß beim Schließen des Schrankes, in welchem der elektrische Apparat steht, diese Unterbrechung allemal eintritt.

Der erwähnte Sitzungssaal ist mit Glas gedeckt, man hätte also eigentlich erst mit eintretender Dämmerung die Flammen anzuzünden gebraucht. Um aber Störungen während der Sitzungen zu verhüten, wurden sie schon halb 1 Uhr mittags angezündet und blau gehalten, so lange das Tageslicht anhielt. Durch die Gaiffe'sche Einrichtung wurde daher beträchtlich an Gas gespart, wie es heißt, 2000 Frank monatlich, und außerdem wurde auch noch die lästige Hitze vermieden, welche durch das unnütze Brennen der Gasflammen erzeugt wurde.

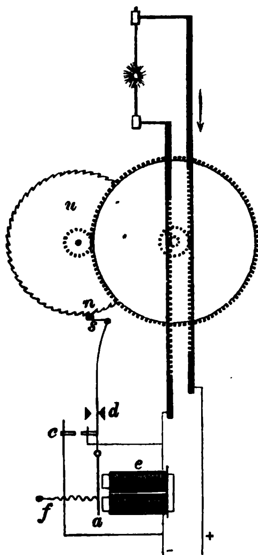
Früher schon hatte Rühmkorff die Elektricität im Amphitheater der Sorbonne zu gleichem Zwecke benützt, und eine ähnliche Einrichtung in großem Maßstabe findet sich auch im Capitol in Washington.

Selbstregulirende elektrische Lampe für gleichgerichtete und für Wechselströme nach v. Hefner-Alteneck.*) Die Regulirung der Länge des Lichtbogens erfolgt bei dieser Lampe in der Weise, daß die Kohlenspitzen bald durch das Gewicht des oberen Kohlenhalters einander genähert, bald durch einen kleinen Motor, welcher durch den Licht gebenden Strom getrieben wird, von einander entfernt werden. Das Wesentliche der Anordnung ist aus der beistehenden Skizze, Fig. 51, erkenntlich. Der Motor besteht aus dem vom Strome umflossenen

*) Carl's Repert. X, S. 279.

hufeisenförmigen Elektromagneten e mit dem Anker a, den die Spiralfeder f von den Polen abzuziehen und gegen den Ruheanschlag d zu legen sucht. Liegt dagegen der Anker am Magneten, so wird der Contact c geschlossen und dadurch dem Strome ein kürzerer Weg, als durch die Windungen des Elektromagneten, eröffnet, in Folge dessen wird der Anker durch die Feder f abgezogen, der Strom umkreist e wieder, der Anker wird wieder angezogen u. s. f. Dieses wechselnde Spiel tritt aber erst dann ein, wenn der Strom hinlänglich kräftig ist, so daß die Anziehung des Magneten die Spannung der Feder f überwinden kann. Diese hin- und hergehenden Bewegungen macht aber ein kleiner Sperrkegel s mit, welcher das Sperrrad u bewegt und mittels Zahnräder, die damit verbunden sind, und der Zahnstangen der beiden Kohlenträger die letzteren, entgegen der Wirkung der Schwere, langsam von einander entfernt. In Folge der wachsenden Entfernung wird dann der Strom schwächer, die hin- und hergehende Bewegung des Ankers hört auf. In dieser Stellung wird der Sperrkegel durch einen am Lampengestell befestigten Stift n, an dem er mit einer schrägen Fläche aufläuft, ganz aus den Zähnen des Sperrrades u gehoben; durch das Uebergewicht des oberen Kohlenhalters werden die beiden Kohlenspitzen einander wieder genähert, bis der Magnet hinlänglich kräftig wird und das beschriebene Spiel von Neuem beginnt. Um die Schnelligkeit der Annäherung der Kohlenspitzen zu reguliren, ist auf die Achse von u lose ein Treibrad aufgesetzt, welches einen — in der Figur nicht angegebenen — Windfang in Bewegung

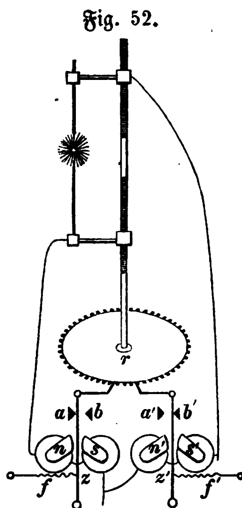
Fig. 51.



setzt; eine kleine Sperrklinke verhindert das Triebrad, sich in entgegengesetzter Richtung zu drehen, so daß der Windfang der Entfernung beider Kohlenspitzen durch den Motor nicht entgegenarbeitet.

Bei Anwendung von Wechselströmen arbeitet der Motor in gleicher Weise. Nur muß, sobald der elektrische Lichtbogen seine Lage im Raume längere Zeit beibehalten soll, das Verhältniß der Geschwindigkeiten, mit denen sich beide Kohlenspitzen bewegen, verschieden regulirt werden, je nachdem man mit gleichgerichteten oder mit Wechselströmen arbeitet. Während sich nämlich im letzteren Falle beide Spitzen gleichmäßig abnutzen, brennt im ersteren Falle die mit dem positiven Pole verbundene Kohle etwa doppelt so rasch ab als die andere. Es ist daher an der Lampe eine Einrichtung derart getroffen, daß man durch Drehen eines außen angebrachten Kopfes entweder beide Zahnstangen zum Eingriffe mit einem Triebe, oder zum Eingriffe in zwei auf derselben Achse sitzende Triebe bringen kann, deren Durchmesser sich wie 1 : 2 verhalten.

Fig. 52.



Es zeichnet sich diese Lampe durch große Einfachheit und Uebersichtlichkeit der Construction, sowie hohe Präcision der Regulirung aus. Sie ist von gefälliger äußerer Form und es ist hinlänglich, zwei Schrauben zu lösen, um alle Haupttheile mit der Hand herausnehmen zu können.

Selbstregulirende elektrische Lampe für Wechselströme von Siemens und Halske.*) Bei dieser ausschließlich für Wechselströme bestimmten Lampe werden alle zum Anstecken des elektrischen Lichtbogens und zur Regulirung der

*) Carl's Repert. X, S. 282.

Länge desselben nöthigen Bewegungen durch zwei polarisirte Elektromagnete hervorgebracht. Zwischen den einander zugekehrten Polen n s und n' s' dieser Elektromagnete (s. die Skizze, Fig. 52) bewegen sich, durch zwei Anschläge a b und a' b' beschränkt, zwei durch einen dahinter liegenden Stahlmagneten dauernd polarisirte Stahlzungen z z' in Folge des steten Polwechsels hin und her. Damit aber diese Bewegung erst bei einer gewissen Stromstärke eintritt, werden die Zungen durch die regulirbaren Federn f und f' gegen die Contacte a und b' gezogen, und erst wenn der Magnetismus hinlänglich stark ist, wird die Federkraft überwunden. Die beiden Zungen tragen Sperrklinken, die das gezahnte Rad r in entgegengesetztem Sinne drehen, und jedesmal, wenn die eine Klinke in Thätigkeit ist, befindet sich die andere in Ruhelage und wird dabei durch einen Stift aus den Zähnen des Rades r gehoben. Die verticale Achse des Rades trägt ein Rechts- und ein Linksgewinde, an denen sich die beiden Kohlenhalter in entgegengesetztem Sinne auf- und niederschrauben, so daß sie sich je nach der Drehungsrichtung einander nähern oder von einander entfernen.

Die Umwindung desjenigen Elektromagneten, dessen Polwechsel die Kohlenspitzen von einander entfernt, besteht aus wenig Lagen dicken Drahtes und liegt im Stromkreise des Lichtbogens. Die Umwindungen des anderen bestehen aus sehr vielen Lagen dünnen Drahtes und bilden einen Nebenschluß des Lichtbogens von viel größerem Widerstande als dieser. Nimmt nun die Länge des Lichtbogens zu oder ab, so wird der Strom in den Windungen des ersten Magneten schwächer oder stärker, während der Strom des anderen Magneten sich in entgegengesetztem Sinne ändert, also mit Vergrößerung des Lichtbogens zunimmt.

Leitung der Elektricität.

Galvanische Leitungsfähigkeit von Flüssigkeiten. Die Bestimmung des galvanischen Leitungsvermögens von Flüssigkeiten war früher mit mancherlei Schwierigkeiten behaftet, die namentlich aus der Polarisation der Elektroden entsprangen. Nachdem sich aber durch die Untersuchungen von Kohlrausch und Nippoldt ergeben hat, daß man letztere

vermeiden kann durch Anwendung rasch wechselnder, gleich starker Ströme, können diese Schwierigkeiten als überwunden gelten, und es haben neuerdings F. Kohlrausch und O. Grotrian eine größere Arbeit über das Leitungsvermögen der Elektrolyte begonnen.

Zur Erzeugung der alternirenden Ströme bedienten sie sich früher der in Poggend. Ann. Bd. 138 (S. 143) beschriebenen Inductionssirene, die indessen nur schwierig auf constanter Umdrehungsgeschwindigkeit erhalten werden konnte. Sie haben daher später einen von Mechanikus Waibler in Darmstadt construirten, im Jubelband von Poggend. Ann. (S. 290) näher beschriebenen Sinusinductor angewandt. Derselbe besteht aus einem durch Gewichte getriebenen kleinen Räderwerk, welches eine magnetisirte Stahlscheibe von 2 1/2 Millionen Einheiten Magnetismus innerhalb eines Multiplicators von 2700 Windungen bis zu 200maligem Stromwechsel in der Secunde in Rotation versetzen kann.

Ohne näher auf die Untersuchungsmethoden eingehen zu können, müssen wir uns begnügen, die wichtigsten Ergebnisse hier mitzutheilen.

O. Grotrian hat zunächst das Leitungsvermögen von Schwefel- und Salzsäure in seiner Abhängigkeit von der Temperatur t bestimmt.*)

Bei der Schwefelsäure, für welche die Beobachtungen zwischen 3° und 70° C. für verschiedene Concentrationsgrade angestellt wurden, ergab sich die Leitungsfähigkeit in der Form

$$k = k_0 (1 + \alpha t + \beta t^2),$$

wobei k_0 das Leitungsvermögen bei 0° C. bezeichnet.

Für Salzsäure, bei welcher die Beobachtungstemperaturen nicht so weit ausgedehnt wurden, kam die Formel

$$k = k_0 (1 + \alpha t)$$

in Anwendung.

Unter der Annahme, daß das Leitungsvermögen des Quecksilbers bei 0° gleich der Einheit ist, ergaben sich dann folgende Werthe der Constanten.

---

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 378.

Schwefelsäure.

Gewichts-procente p HSO_4	$10^8 k_0$	α	β
5	1543	0.01768	— 0.00006214
10	2722	1902	6002
15	3881	2031	5589
20	4659	2156	4976
25	5059	2275	4162
30	5142	2390	3149
35	4979	2500	1935
40	4640	2606	0521
45	4172	2706	+ 0.00001093
50	3578	2802	2908
55	3974	2893	4923
60	2423	2979	7138
70	1587	3136	+ 0.00012168
80	1053	3275	18000
90	719	3394	24633
100	507	3494	32066

Salzsäure.

Spec.Gew. s bei 15°	$10^8 k_0$	α
1.03	2200	0.02255
1.04	3181	2235
1.05	3940	2215
1.06	4509	2195
1.07	4916	2176
1.08	5191	2156
1.09	5368	2136
1.10	5488	2116
1.11	5531	2096
1.12	5511	2077
1.13	5439	2057
1.14	5325	2037
1.15	5183	2017
1.16	5022	1997

Aus diesen Ergebnissen findet man weiter, was schon Beetz am Zinkvitriol nachgewiesen hat, daß derjenige Concentrationsgrad, bei welchem k sein Maximum erreicht, sich mit wachsender Temperatur ändert, und zwar steigt derselbe bei Schwefelsäure von 30,2 Proc. bei 0° auf 35,4 Proc. bei 70° ziemlich proportional der Temperaturzunahme; bei Salzsäure ist diese Verschiebung geringer und findet im entgegengesetzten Sinne statt. Das Maximum des Leitungsvermögens tritt nach Kohlrausch und Nippoldt bei Schwefelsäure von 22° ein bei dem spec. Gew. 1,233, d. i. nach der Bineau'schen Tabelle bei dem Procentgehalte 31,56; aus den Untersuchungen Gotrians ergiebt sich statt dessen 30,88.

In einer spätern Arbeit*) haben Kohlrausch und Gotrian auch des elektrische Leitungsvermögen der Chloralkalien, der alkalischen Erden und der Salpetersäure bestimmt. Die Abhängigkeit desselben von der Temperatur wird durch die Formel

$$k = k_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

dargestellt, wobei als Einheit von k das Leitungsvermögen des Quecksilbers (bei 0°) gilt. Die nachstehende Tabelle enthält nun

die procentischen Gewichtstheile von wasserfreiem Salze, beziehentlich Salpetersäurehydrat, in Gewichtstheilen der Lösung,

das specifische Gewicht der Lösung bei + 18° C,

den mit $10^8 = 100000000$ multiplicirten Werth der Constanten k_0,

die Werthe der Constanten α und β, sowie endlich

den mit 10^8 multiplicirten Werth des Leitungsvermögens bei 18°.

Procente	Specif. Gewicht	$10^8 k_0$	α	β	$10^8 k_{18}$
Na Cl					
5%	1.0346	402	+ 0.0292	+ 0.000110	628
10	1.0710	729	290	102	1132
15	1.1089	998	279	110	1535
20	1.1482	1177	290	108	1830
24	1.1802	1239	311	111	1979

*) Nachrichten von der kgl. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen 1874 Aug. 5 (Nr. 17), S. 405; Poggend. Ann. Bd. 154, S. 1 u. 215.

Procente	Specif. Gewicht	$10^8 k_0$	α	β	$10^8 k_{18}$
K Cl					
5 %	1.0309	426	+ 0.0271	+ 0.000078	645
10	1.0639	865	249	065	1271
15	1.0978	1313	233	058	1889
21	1.1410	1873	217	039	2628
Li Cl					
5 %	1.0274	431	+ 0.0308	+ 0.000110	685
10	1.0562	731	288	118	1139
NH_4 Cl					
5 %	1.0142	572	+ 0.0266	+ 0.000074	859
10	1.0289	1139	242	068	1661
15	1.0430	1711	221	053	2419
20	1.0570	2251	218	019	3147
25	1.0724				3765
$CaCl_2$					
5 %	1.0409	386	+ 0.0292	+ 0.000093	601
10	1.0853	700	274	094	1067
15	1.1312	940			1407
20	1.1795	1078	260	094	1616
25	1.2306	1095	275	082	1665
30	1.2843	1009	273	138	1550
35	1.3420	793	309	164	1277
Mg Cl_2					
5 %	1.0416	404	+ 0.0297	+ 0.000123	639
10	1.0861	664	300	106	1048
15	1.1295				1250
20	1.1765				1311
25	1.2257				1220
30	1.2780	570	367	305	992
34	1.3212				713
Ba Cl_2					
5 %	1.0446	234	+ 0.0291	+ 0.000097	364
10	1.0940	448	279	084	686
15	1.1475	654	264	087	983
20	1.2051	833			1239
24	1.2564	972	249	082	1435

Procente.	Specif. Gewicht	$10^8 k_0$	α	β	$10^8 k_{18}$
$Sr\ Cl_2$					
5%	1.0443	290	+ 0.0293	+ 0.000098	452
10	1.0931	544	273	104	829
15	1.1456				1151
20	1.2023				1398
22	1.2259				1480
HNO_3					
6.2%	1.0346	2118	+ 0.0218	— 0.000037	2924
12.4	1.0717	3731	204	025	5072
18.6	1.1105	4830			6460
24.8	1.1525	5402	184	003	7185
31.0	1.1946	5462	190	008	7319
37.2	1.2372	5206	198	001	7062
43.4	1.2786	4790			6550
49.6	1.3190	4274	212	+ 0.000020	5935
55.8	1.3560	3770			5290
62.0	1.3871	3296	232	003	4646

Der durchgängig kleine Werth von β zeigt, daß das Leitungsvermögen nahezu gleichförmig mit der Temperatur wächst; das positive Vorzeichen des β bei den Chloriden beweist, daß die Abweichungen in einer Beschleunigung bestehen. Dieses nahezu gleichmäßige Wachsthum ist auch an Lösungen von Zinkvitriol*) und Schwefelsäure beobachtet worden und scheint eine allgemeine Eigenschaft der flüssigen Leiter zu sein. Nur zähflüssige Körper, wie concentrirte Lösungen von Chlorcalcium, Chlormagnesium und Schwefelsäure zeigen eine größere Unregelmäßigkeit.

Es ist ferner merkwürdig, daß die Temperatur-Coefficienten für die verschiedenen Chloride in verdünnter Lösung fast gleiche Größe besitzen. Mit wachsender Verdünnung scheinen sie sich alle derselben Grenze zu nähern, welche aber nicht mit den Temperatur-Coefficienten des reinen Wassers übereinstimmt.

Mit wachsendem Salzgehalt nehmen zuerst alle Temperatur-Coefficienten ab. Weiterhin theilen sie sich in zwei Gruppen:

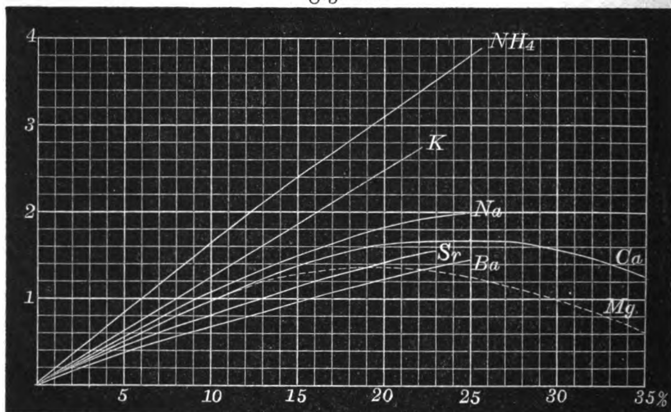
*) Beetz, Poggend. Ann. Bd. 117, S. 21.

Chlorkalium, Chlorammonium und Chlorbaryum zeigen diese Abnahme bis zur stärksten Concentration; Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagnesium haben zwischen 10 und 20 Proc. ein Minimum, und von da an wächst der Coefficient wieder. Es scheint, daß diese gruppenweise Verschiedenheit mit einem Maximum des Leitungsvermögens bei einem gewissen Salzgehalt zusammenhängt, den die ersteren Körper zeigen, nicht aber die letzteren.

Die Salpetersäure schließt sich der letzteren Gruppe an. Darin, daß das Zeichen von β von — in + übergeht, stimmt sie mit der Schwefelsäure überein, doch ist die Unregelmäßigkeit des Wachsthums zwischen 0° und 40° überhaupt klein. Auch ist der absolute Betrag des Temperatureinflusses geringer als bei den Chloriden und weit entfernt von dem bei Salz- und Schwefelsäure beobachteten.

Die Abhängigkeit des Leitungsvermögens vom Gehalt an Salz oder Säure zeigt die folgende Figur 53, in welcher die

Fig. 53.



Procentgehalte als Abscissen, die Leitungsvermögen bei 18° als Ordinaten abgetragen sind. Sowohl die absoluten Größen des Leitungsvermögens, als die Gesetze der Abhängigkeit vom Gehalt sind überraschend mannichfaltig. Ein Maximum haben $CaCl_2$ (bei 24%) und MgCl (bei 20%); NaCl scheint sich

einem solchen zu nähern, doch ist es fraglich, ob es dasselbe vor der Sättigung (26,5 %) erreicht; Li Cl stimmt, soweit die Beobachtungen reichen, nahe zusammen mit Na Cl. Die Curve für Sr Cl_2 ist mäßig gekrümmt, die für Ba Cl_2 und NH_4 Cl sind es noch weniger; bei K Cl ist das Leitungsvermögen für 18° fast genau dem Salzgehalt proportional. Bei 0° wächst sogar das Leitungsvermögen der K Cl Lösung mit dem Procentgehalt etwas beschleunigt, was bis jetzt noch an keiner Flüssigkeit bemerkt wurde.

Am schlechtesten leitet im Allgemeinen Ba Cl_2; dagegen leitet NH_4 Cl unter allen bekannten Salzen am besten, in 25procentiger Lösung halb so gut als die bestleitende bekannte Säure. Da die Löslichkeit des NH_4 Cl mit der Temperatur wächst, so ist zu vermuthen, daß eine bei 100° gesättigte Lösung mindestens eben so gut leitet, wie die bestleitende Säure bei gleicher Temperatur. Es würde demnach den Säuren keineswegs eine so bevorzugte Stellung zukommen, wie man allgemein annimmt. In galvanischen Säulen läßt sich z. B. eine nahe gesättigte Salmiaklösung gegenüber der stärksten, zu diesem Zwecke in Frage kommenden Schwefelsäure sogar mit Vortheil verwenden. Auch beim salpetersauren Ammoniak hat Wiedemann*) ein großes Leitungsvermögen beobachtet.

Merkwürdig ist das Verhalten des Mg Cl_2; mit dem Leitungsvermögen anderer Chloride verglichen, nimmt es bei großer Verdünnung die zweite, bei 10 % die fünfte und von 22 % an die letzte Stelle ein.

Die Salpetersäure zeigt ebenfalls ein Maximum des Leitungsvermögens, nämlich für 18° bei 25 % Gehalt. Wie schon früher bemerkt worden ist, zeigen auch Schwefel- und Salzsäure solche Maxima, und zwar haben diese Maxima bei allen drei Säuern nahezu dieselbe Größe, worauf schon Quincke aufmerksam gemacht hat.**)

Für verdünnte Lösungen von 5 bis 10 Proc. kann man das Leitungsvermögen durch die Formel

$$k = ap + bp^2$$

darstellen, wobei p den Procentgehalt bedeutet. Für abnehmende

*) Poggend. Ann. Bd. 99, S. 288.
**) Dies. Bd. 144, S. 178.

Werthe von p nähert sich der Quotient aus k und p unbegrenzt dem Werthe a, den Kohlrausch das specifische Leitungsvermögen des Körpers in wässriger Lösung nennt. Bei 18° haben die Constanten a und b die nachstehenden Werthe:

		a	b
NaCl	$k = $	$0.000138p$	$- 0.0000025p^2$
KCl	$k = $	$0.000131p$	$- 0.0000004p^2$
LiCl	$k = $	$0.000160p$	$- 0.0000047p^2$
NH_4Cl . . .	$k = $	$0.000177p$	$- 0.0000011p^2$
$CaCl_2$ . . .	$k = $	$0.000134p$	$- 0.0000027p^2$
$MgCl_2$ . . .	$k = $	$0.000150p$	$- 0.0000045p^2$
$BaCl_2$ . . .	$k = $	$0.000077p$	$- 0.0000008p^2$
$SrCl_2$ . . .	$k = $	$0.000098p$	$- 0.0000015p^2$
HNO_3 . . .	$k = $	$0.000534p$	$- 0.0000101p^2$.

Man bemerkt, daß diejenigen Körper, welche bei einer gewissen Concentration ein Maximum von k haben, sich durch einen relativ großen Werth von b auszeichnen.

Kohlrausch macht noch auf ein paar merkwürdige Beziehungen der Zahl a zu anderen physikalischen Constanten aufmerksam.

Zunächst ist für die Chloride das Product aus a und dem Aequivalentgewicht A des wasserfreien Salzes nahezu constant, so daß also bei gleichen Mengen Chlor in der Lösung das Leitungsvermögen verdünnter Lösungen nicht sehr verschieden ist. Es betragen indessen hierbei die Abweichungen vom Mittelwerthe bis zu 22 Procent.

Ferner sind die Producte aus a und dem specifischen Gewichte s des wasserfreien Salzes für die Chloride der Alkalien und alkalischen Erden bis auf höchstens 12 Procent Abweichung vom Mittel constante Größen. Gleiche Volumina wasserfreien Salzes in der Lösung bedingen also nahezu gleiches Leitungsvermögen.

Kohlrausch schlägt deshalb für Aa den Namen specifisches Leitungsvermögen nach Aequivalenten, für sa den Namen specifisches Leitungsvermögen nach Volumen vor.

Die nachstehende Tabelle enthält die Belege für diese beiden Sätze:

	a	A	Aa	s	sa
(NH_4Cl_2)	0.000177	107	0.0190	1.53	0.000271
$(LiCl)_2$	160	85	136	2.04	226
$MgCl_2$	150	95	142	1.89	283
$(NaCl)_2$	138	117	162	2.16	298
$CaCl_2$	134	111	148	2.20	295
$(KCl)_2$	131	149	196	2.00	262
$SrCl_2$	098	158	156	2.95	189
$BaCl_2$	077	208	160	3.87	298.

Die Größe b scheint bei den Chloriden im Allgemeinen mit der inneren Reibung der Lösungen in Beziehung zu stehen; wenigstens zeigen die Flüssigkeiten mit großem b im Allgemeinen entschieden größere Zähigkeit bei gleicher Concentration als die übrigen. Doch ist andererseits auch die Salpetersäure selbst bei stärkerer Concentration noch eine sehr bewegliche Flüssigkeit, während doch bei ihr wie bei der Salzsäure b einen sehr großen Werth hat. Es scheinen sonach noch andere Eigenschaften als blos die Zähigkeit hierbei in Frage zu kommen.

Für die galvanische Leitungsfähigkeit geschmolzener Salze hat Ferd. Braun folgende Werthe gefunden: *)

	Leitungsfähigkeit		Schmelzpunkt
	specifische Quecksilber $= 10^8$	moleculare	
Bleichlorid $PbCl_2$	25300	91880	580° C.
Salpeters. Natron $NaNO_3$	11475	52580	314
= Silber $AgNO_3$	8688	28090	—
Dasselbe erstarrt	4120	—	—
Jodkalium KJ	11500	59760	666
Chlorkalium KCl	—	—	730
Chlornatrium NaCl	8660	28020	960
Salpeters. Kali KNO_3	6500	25340	342
Schwefels. Natron Na_2SO_4	3680	14090	1280
Chlorstrontium $SrCl_2$	2260	8708	910
Kohlens. Natron Na_2CO_3	—	—	920
„ Kali K_2CO_3	2150	8817	1150
Zinkchlorid $ZnCl_2$	85,9		262
dasselbe erstarrend	8,68		

*) Poggend. Ann. Bd. 154, S. 161.

Auffällig erscheint der große Gegensatz zwischen der Leitungsfähigkeit von Bleichlorid und Zinkchlorid, zwei einander in ihren übrigen Eigenschaften sehr nahe stehenden Körpern. Beide besitzen beim Schmelzpunkte beträchtliche Zähigkeit; diese scheint also keinen so bedeutenden Einfluß auf die Leitungsfähigkeit zu üben, als man sonst annimmt. Auch zwischen der Leitungsfähigkeit geschmolzener Salze und derjenigen von wässrigen Lösungen derselben findet kein durchgängiger Parallelismus statt.

„Die Zahlen für die Leitungsfähigkeit geschmolzener Salze sind von derselben Größenordnung wie diejenigen für Salzlösungen. Bezogen auf die als 100 Millionen angenommene Leitungsfähigkeit des Quecksilbers, in welchem Maße die Leitungsfähigkeit der bestleitenden Schwefelsäure (gleichzeitig der beste elektrolytische, bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Leiter) = 7700 ist, liegen die Zahlen zwischen 25300 ($PbCl_2$) und 86 ($ZnCl_2$); während also die Leitungsfähigkeit des Chlorbleis fast viermal diejenige der bestleitenden Schwefelsäure übertrifft, ist diejenige des Chlorzinks 88 mal geringer. Das Chlorblei leitet nur 3940 mal schlechter als Quecksilber bis 0° C., das Zinkchlorid 1136000 mal schlechter. Zinkchlorid leitet 300 mal schlechter als Bleichlorid. Ein Zusammenhang der galvanischen Leitungsfähigkeit mit sonstigen physikalischen Eigenschaften (Cohäsion, Schmelzpunkt, specifischem Gewicht, Zähigkeit, Leitungsfähigkeit des Metalles) oder mit chemischen Eigenschaften (Moleculargewicht, Molecularvolumen, Valenz der Metalle des Salzes, Zersetzungswärme) ist nicht erkennbar. ... Nicht einmal das läßt sich durchgehends sagen, daß die besser leitenden geschmolzenen Salze auch besser leitende Lösungen geben. ... Will man nach der gebräuchlichen Vorstellungsweise annehmen, durch die Anziehung des Lösungsmittels sei dasselbe geleistet, was in den obigen Versuchen durch die Wärme geschehen ist, nämlich eine Verflüssigung des Salzes herbeigeführt, so kann dann an eine Vertheilung des Stromes unter Lösungsmittel und Salz nach dem Verhältniß der Leitungsfähigkeiten nicht mehr gedacht werden. Man wird so gezwungen, anzunehmen, entweder daß durch die Gegenwart des Lösungsmittels die Bewegungshindernisse, welche den von Molecül zu Molecül wandernden Ionen entgegenstehen, in einer höchst complicirten, vorerst gar nicht übersehbaren Weise geändert werden, oder aber, daß sich in der

Lösung neue, complicirtere Molecüle bilden, welche mit ganz anderen Eigenschaften begabt sind und denen die Rolle des Elektricitätsüberträgers zufällt."

Ueber den Durchgang des elektrischen Stromes durch Hölzer hat Du Moncel zahlreiche Versuche angestellt und über deren Ergebnisse in der zweiten Hälfte des Jahres 1874 der Pariser Akademie Bericht erstattet.*) Es galt zu erforschen, ob die Fähigkeit der Hölzer, einen durch empfindliche Galvanometer nachweisbaren elektrischen Strom durchzulassen, bloß eine Folge der Feuchtigkeit sei, welche auch in den als „trocken" bezeichneten Hölzern vorhanden ist. Es wurden deshalb Prismen aus den verschiedenen Holzarten gefertigt, die er dann mittels Platinplatten, welche durch Broncepressen scharf gegen ihre Flächen gepreßt wurden, in den Stromkreis einer Batterie einschaltete, um 5 Minuten nach der Schließung des Stromes die Ablenkung eines empfindlichen Galvanometers mit 3600 Windungen zu notiren. Nachdem die Hölzer im gewöhnlichen lufttrocknen Zustande untersucht worden waren, kamen sie mehrere Stunden lang in den Trockenkasten, blieben dann über Nacht der Luft ausgesetzt und kamen endlich auch in einen Kasten, dessen Luft mit Feuchtigkeit gesättigt war; nach jeder solchen Manipulation wurde das Leitungsvermögen aufs Neue bestimmt. Die Contactflächen der Platinplatten überstiegen dabei nicht 6 Quadratcentimeter, der Zwischenraum zwischen ihnen betrug 6 Centimeter.

Ein solches Prisma aus Eichenholz, das vom Tischler als sehr trocken bezeichnet wurde, gab 55° Ausschlag, nach 2stündigem Aufenthalt im Trockenkasten aber gar keinen; nachdem es mehrere Tage in einem sonnigen Zimmer gelegen, wurde es nicht wieder leitungsfähiger; nachdem es aber in einer hellen trocknen Julinacht im Freien zugebracht hatte, gab es am Morgen 13° Ausschlag.

Der Druck der Platinplatten gegen das Holz übte bedeutenden Einfluß auf die Stromstärke. Bei stärkstem Drucke erhielt man z. B. bei einem Versuche 12°, bei schwächerem nur 5° Ausschlag, und wenn man die Platten ihrem eigenen Ge-

*) Comptes rendus, 1874 juillet 6, p. 41; juillet 13, p. 110; juillet 20, p. 154; août 3, p. 295; août 10, p. 356; sept. 7, p. 591; oct. 5, p. 735; oct 26, p. 945.

wicht überließ, ergab sich gar kein Ausschlag. Wurden aber die Platten einfach auf Stellen aufgesetzt, die mit einem Tropfen destillirten Wassers benetzt waren, so erhielt man wieder das Maximum des Ausschlages.

Eigenthümlich war folgende Erscheinung: bei einer Versuchsreihe wurde der Strom schwächer und ging von 9° auf 7°5 Ausschlag herab; auf dieser Stärke wurde er erhalten und dann einmal unterbrochen, bis die Nadel auf 0° stand. Als man jetzt den Strom wieder in der vorigen Stärke eintreten ließ, vermochte er doch die Nadel nicht wieder auf 7°5 Ausschlag zu bringen; dieselbe blieb vielmehr nach einer kaum merklichen Schwankung auf 0° stehen. Ein Eichenholzprisma wurde durch Guttapercha-Drähte und 4 angepreßte Platinplatten in den Stromkreis geschaltet und das Ganze vor's Fenster gehängt, wo es von Mittag bis Abend den Sonnenstrahlen ausgesetzt war. Dabei stellte sich heraus, daß die Leitungsfähigkeit dieselben Schwankungen machte, wie der am Haarhygrometer beobachtete Feuchtigkeitsgehalt der Luft, nur traten die Maxima und Minima der Leitungsfähigkeit viel später ein, als die der Luftfeuchtigkeit. Die Feuchtigkeit der Nacht speichert jedesmal eine größere Menge Feuchtigkeit im Holze auf, und vergrößert die Leitungsfähigkeit, bis die Sonne wieder austrocknend wirkt. Die Temperatur äußert übrigens außer dem Austrocknen noch einen anderen Einfluß, indem sie die Leitungsfähigkeit der vom Holze aufgenommenen Feuchtigkeit erhöht. Auch an Hölzern, die scheinbar ganz trocken sind, läßt sich der Einfluß der Luftfeuchtigkeit erkennen.

Die weiteren Versuche zeigten einen deutlichen Gegensatz zwischen dem Verhalten harter und weicher Hölzer. Die harten Hölzer scheinen die lange in ihnen aufgespeicherte Feuchtigkeit schwerer abzugeben und es scheint dieselbe nach einem ersten oberflächlichen Austrocknen nach einer gewissen Zeit der Ruhe wieder aufzutreten. Dafür nehmen sie aber, wenn sie vollständig ausgetrocknet sind, die Feuchtigkeit der Luft langsamer auf als die weichen; doch können sie, selbst in einem relativ trocknen Raume, in einem längeren Zeitraume eine beträchtliche Menge Feuchtigkeit aufnehmen und dieselbe auf die Dauer behalten.

Manche Hölzer, wie Guajac und Polisander, sowie auch das Elfenbein, gaben während des Aufenthaltes in der Trocken=

kammer harzige und ölige Stoffe von sich, von denen Du Moncel vermuthet, daß sie Isolatoren seien, die beim Erkalten die Poren verschließen, dadurch der Feuchtigkeit den Zutritt verwehren und so die Körper isolirend machen. Andere Körper, z. B. polirtes Schildkrot, werden besser isolirend, wenn man sie in einer Weise knetet, daß sie ihre Porosität einbüßen. Namentlich bilden Sägespäne von hartem Holze, mit Blut angemacht und einem starken Drucke ausgesetzt, so daß eine feste zähe Masse entsteht (wie die künstlichen harten Hölzer von Latry), einen sehr guten Isolator. Es kann diese Masse daher in manchen Fällen das Ebonit beim Baue von Präcisionsinstrumenten ersetzen. Von diesem Gesichtspunkte aus stellte Du Moncel Versuche mit Hölzern an, die mit Paraffin getränkt waren. Bei einer andern Versuchsreihe erkannte er, daß ein starkes Zusammendrücken der Hölzer dieselben anfangs, in Folge der Verdichtung besser leitend, später aber, durch Abhaltung der äußeren feuchten Luft, besser isolirend macht.

Du Moncel hat noch vielerlei andere Punkte untersucht, so den Einfluß des Thaues, die Veränderlichkeit der Leitungsfähigkeit mit der Länge der Holzschicht &c., rücksichtlich deren wir auf die Originalmittheilungen verweisen.

Ueber die Leitungsfähigkeit des Quecksilberdampfes für galvanische Ströme sind von Herm. Herwig Versuche angestellt worden,*) die besonders deshalb von Interesse sind, weil bisher gasförmige Körper als Stromleiter nur bekannt waren in Verbindung mit einer Flamme oder doch bei Temperaturen, wie sie in der Flamme vorkommen, also nicht unter Rothglühhitze.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß Röhren von meist 4 Mm. lichtem Durchmesser, die mit trocknem Quecksilber gefüllt waren, auf eine längere Strecke horizontal geführt wurden; das eine Ende war geschlossen und enthielt einen Platindraht eingeschmolzen, das andere aber war vertical aufwärts oder abwärts gebogen, so daß man durch die Quecksilberfüllung einen beliebigen Druck im horizontalen Theile erzeugen konnte. Etwa in der Mitte des horizontalen Theiles wurde eine kleine Partie Quecksilber zum Sieden gebracht und so eine Dampf-

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 350.

schicht zwischen zwei Quecksilberflächen hergestellt. Dann wurde ein Strom durchgeleitet und der Ausschlag der Nadel eines Rühmkorff'schen Galvanometers beobachtet. Da das Glas bei höheren Temperaturen ebenfalls leitend wird, so mußte die Glasleitung besonders beobachtet und in Betracht gezogen werden.

Es ergab sich nun ein mehr oder minder starkes Abnehmen der Dampfleitung, so lange die siedenden Quecksilberkuppen getrennt blieben. Ein, wenn auch nur momentanes Zusammenbringen und darauf folgendes Trennen führte gewöhnlich wieder zu größeren Werthen der Leitung; noch mehr wirkte aber ein neues Erhitzen derselben Stelle nach längerem Erkalten. Ferner zeigte sich der Widerstand gegen den Strom unabhängig von der Längsausdehnung der Dampfschicht, und außerdem wurde dieser Widerstand geschwächt durch Erhöhung der elektromotorischen Kraft, bei Vermehrung der Batterie wuchs der durchgehende Strom in höherem Maße als die Elementenzahl. Endlich stellte sich noch heraus, daß bei Vermehrung des Druckes die Leitung stärker zunimmt als der Druck.

Herwig macht darauf aufmerksam, daß der Quecksilberdampf nicht wie ein einfacher metallischer Leiter wirkt, „sondern etwa wie der Voltabogen. Man ist gezwungen, als das Wesentliche bei dem Widerstande, welchen der Dampf dem Stromdurchgang entgegengesetzt, einen besondern Uebergangswiderstand für den Strom in die Dampfschicht anzunehmen ..." Auch gelang es in der That, Erscheinungen zu beobachten, die dem Zerstäuben der Elektroden beim Voltabogen analog sind. So zeigte die positive Quecksilberkuppe eine lebhaftere Verdampfung als die andere.

Was die Größe des Widerstandes im Quecksilberdampfe betrifft, so giebt Herwig dieselbe bei 400° C. in einer Röhre von 4 Mm. lichtem Durchmesser zu ungefähr 50,000 Siemens-Einheiten an.

Dielektricität.

Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren von Ludwig Boltzmann in Wien.*) Mit dem Namen **Dielektricität** bezeichnet man die Eigenschaft

*) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 482 u. 531.

der Isolatoren, die Vertheilung der Elektricität auf in der Nähe befindlichen Leitern zu ändern. Schon Faraday*), von dem diese Benennung herrührt, hat gefunden, daß die Capacität der Condensatoren nicht blos von der Gestalt der Metallplatten, sondern auch von der Beschaffenheit der isolirenden Zwischenschicht abhängt, und später hat Siemens gezeigt, daß diese Erscheinung nicht von dem allmäligen Eindringen der Elektricität herrührt. Experimentell haben sich auch Gibson und Barklay mit diesem Gegenstande beschäftigt**), und Clausius***) hat eine Theorie des Einflusses einer dielektrischen Schicht auf die Elektricitätsvertheilung auf einer Franklin'schen Tafel entwickelt. Eine ausführliche Theorie aber hat erst Maxwell†) und später ausführlicher Helmholtz††) gegeben. Dieser Theorie zufolge ändert sich das elektrische Potential beim Eintritt in einen dielektrischen Körper continuirlich; sein in Richtung der Normalen genommener Differentialquotient aber macht daselbst einen Sprung, und zwar ist das Verhältniß des Werthes auf der Außenseite zu dem auf der Innenseite eine constante Größe, die blos von der Natur des Isolators abhängt, und welche Boltzmann die Dielektricitätsconstante desselben nennt.

Die bisherigen Versuche, aus denen sich diese Constante ableiten ließen, waren größtentheils nicht direct zu diesem Zwecke unternommen worden und schienen Boltzmann überhaupt nicht die Genauigkeit zu besitzen, welche sich mit unseren heutigen elektrostatischen Meßapparaten erreichen läßt. Deshalb stellte sich derselbe die Aufgabe, einige Isolatoren zunächst darauf zu prüfen, ob ihr Verhalten der Maxwell'schen Theorie entspräche und, wenn dies der Fall, die Dielektricitätsconstante so genau als möglich zu bestimmen.

Diese Constante ist aber von besonderer Wichtigkeit für unsere Anschauung von der Constitution der Materie. Nach der Theorie Maxwell's muß nämlich, wenn Elektricität und Licht Schwingungen desselben Mediums sind, der Brechungsindex das

---

*) Poggend. Ann. Bd. 47, S. 1 u. 537.

**) Philos. Mag. IV. Ser. Vol. 41, p. 543; Philos Transact. of the Royal Soc. of London. Vol. 161, p. 573.

***) Samml. d. Abh. 2. Theil, S. 135.

†) Philos. Transact. Vol. 155, part. 1, p. 459.

††) Crelle-Borchardt's Journal, Bd. 72, S. 57.

geometrische Mittel sein aus der Dielektricitäts- und der Magnetisirungsconstante. Die Boltzmann'schen Versuche haben denn auch diese Theorie vorläufig bestätigt, wie die kleine unten mitgetheilte Tabelle zeigt, „wenngleich von einer definitiven Bestätigung derselben erst nach viel mannigfaltigeren, mit größeren Hilfsmitteln ausgeführten Versuchen gesprochen werden könnte."

Indem wir rücksichtlich der Einzelheiten auf die Boltzmann'sche Arbeit selbst verweisen, begnügen wir uns, den allgemeinen Gang der Versuche hier anzugeben. Zunächst wurde die Capacität eines gewöhnlichen Kohlrausch'schen Condensators mit zwei vertical stehenden Metallplatten bei verschiedener Distanz der letzteren gemessen und umgekehrt proportional der Plattendistanz gefunden. Unter der „Capacität eines Condensators" ist hier die Elektricitätsmenge verstanden, welche die eine Platte desselben aufnimmt, wenn sie mit einer Elektricitätsquelle vom Potentiale 1 geladen wird, während die andere mit der Erde verbunden ist. Sodann wurden zwischen die Condensatorplatten Schichten aus der isolirenden Substanz von verschiedener Dicke gebracht und abermals die Capacität des Condensators bestimmt, gleichzeitig aber auch die Dicke der isolirenden Platte, sowie der Abstand der Platten genau gemessen. Damit durch Dazwischenschieben des Isolators die Distanz der Platten nicht geändert wurde, durfte der erstere diese letztere nicht ganz ausfüllen. Nun ist nach der Maxwell-Helmholtz'schen Theorie die Capacität des Condensators umgekehrt proportional dem Ausdrucke $m - n + \frac{n}{D}$, wo m die Entfernung der Condensatorplatten, n die Dicke der dielektrischen Schicht und D die gesuchte Constante bedeutet. Für diese Constante wurden folgende Werthe gefunden:

für Hartgummi	3,15
„ Paraffin	2,32
„ Schwefel	3,84
„ Colophonium	2,55.

Später hat Boltzmann noch andere Methoden zur Bestimmung derselben Constanten angewandt, einestheils nämlich hat er sich der dielektrischen Fernewirkung auf kleine Kugeln bedient, anderntheils der elektromagnetischen Lichttheorie.*)

*) Poggend. Ann. Bd. 153, S. 525.

Aus der Theorie des Verhaltens dielektrischer Nichtleiter im elektrischen Felde schließt Boltzmann, „daß elektrische Kräfte auf einen Nichtleiter, ohne daß sich derselbe elektrisirt, bloß vermöge seiner dielektrischen Polarisation, ganz erhebliche Anziehungen ausüben müssen," und zwar findet er aus der Helmholtz'schen Theorie, „daß eine nicht leitende Kugel, wenn sie so klein ist, daß bei Berechnung der Elektricitätsvertheilung in derselben das Feld als homogen betrachtet werden kann, $\frac{D-1}{D+2}$ mal so stark angezogen werden muß, als eine gleich große leitende Kugel unter dem Einflusse derselben Kräfte, wenn letztere isolirt und ursprünglich unelektrisch ist, so daß sie nur durch Induction elektrisch wird."

Um diese Consequenz der Theorie zu prüfen, wurde eine Kugel aus der zu untersuchenden Substanz an vollkommen isolirten Fäden an den einen Hebelarm einer sehr empfindlichen Drehwage gehängt, deren anderer Arm den Spiegel trug, welcher in bekannter Weise die genaue Beobachtung der Drehung ermöglichte. In einiger Entfernug von der erwähnten Kugel stand eine feste Kugel, die durch Funken einer Influenzmaschine geladen und wieder entladen werden konnte. An die Stelle der ersten Versuchskugel an der Drehwage wurde nachher eine gleichgroße leitende, ursprünglich unelektrische Kugel gebracht und mit ihr der Versuch wiederholt, um die Einwirkung vergleichen zu können.

Aus diesen Versuchen hat nun Boltzmann folgende Werthe von D gefunden:

Hartgummi	3,48
Paraffin	2,32
Schwefel	3,94
Colophonium	2,48

Endlich hat Maxwell a. a. O. die Hypothese aufgestellt, daß Licht und Elektricität verschiedene Bewegungsformen eines und desselben Mediums sind, die sich beide aus den Bewegungsgleichungen, die er aufstellt, ableiten lassen, und aus diesen Gleichungen folgt, daß zwischen dem Brechungsindex i, der Dielektricitäts-Constanten D und dem Coëfficienten μ der magnetischen Induction einer Substanz die Relation besteht

$$i = \sqrt{D\mu}.$$

Die Größe μ ist allerding für keine der von Boltzmann untersuchten Substanzen bekannt; derselbe bemerkt aber, daß sich leicht zeigen läßt, daß dieser Werth „unmöglich erheblich von dem der Luft verschieden sein kann, daß er also nahe gleich Eins ist.“ Nach diesen Verfahren erhielt Boltzmann folgende Werthe:

Paraffin	2,33
Schwefel	4,06
Colophonium . . .	2,38

Verschiedene Anwendungen der Elektricität und des Magnetismus.

Ein elektrischer Diebes- und Feuermelder (électro-vigile) ist von einem italienischen Offizier Tanzillo in Turin erfunden worden.*) Hauptbestandtheil ist ein automatischer Zeichengeber, welcher Straße, Hausnummer und Stockwerk seines Aufstellungsortes durch Entsendung eines elektrischen Stromes nach der Polizei- oder Feuerwache meldet, sobald derselbe durch Oeffnung einer Thür ꝛc. verrückt wird. Auf der Wache befindet sich eine hinlänglich kräftige Batterie, sowie ein Morse-Empfangsapparat zum Niederschreiben der Meldung und ein Wecker. Will der Besitzer selbst die geschützte Thür öffnen u. dergl., so schaltet er den Zeichengeber aus. Zum Schutze gegen Feuersgefahr wird der Zeichengeber durch ein Thermometer ersetzt, dessen Quecksilber beim Eintritte einer gewissen Temperatur die Batterie schließ. Versuche, die in Turin und Lyon mit diesem Apparate angestellt wurden, sollen befriedigende Resultate ergeben haben.

Schon seit längerer Zeit hat man den elektrischen Strom benutzt, um in dem Momente, wo die Temperatur eines Raumes einen gewissen, eben noch zulässigen Grad überschreitet, ein Läutewerk in Thätigkeit zu setzen. Man braucht zu dem Zwecke nur den Strom einerseits in das Quecksilber eines gewöhnlichen Thermometers zu führen, während das andere Ende des Leitungsdrahtes von der entgegengesetzten Seite in die Thermometerröhre soweit hereinragt, daß eine leitende Verbindung hergestellt wird, sobald das Quecksilber bis zu diesem Drahtende

*) Dinglers Journ. Bd. 214, S. 337.

steigt. Einen ähnlichen Signalapparat hat ein französischer Marineofficier, R. F. Michel, den zwischen Europa und Nordamerika fahrenden Schiffen empfohlen,*) um sie vor dem Zusammentreffen mit Eisbergen zur Nachtzeit oder bei dichtem Nebel zu warnen. Die Annäherung solcher Eisberge giebt sich nämlich durch eine Abkühlung der Temperatur des Wassers kund, weshalb denn auch auf manchen Schiffen zur Nachtzeit ein Mann damit beauftragt ist, beständig Wasser zu schöpfen und seine Temperatur zu messen. Michel schlägt nun vor, an der Seite des Schiffes in einer Büchse ein kleines Metallthermometer, aus spiralförmig gewundenen, zusammengelötheten Metallstreifen bestehend, anzubringen, dessen Zeiger bei einer rückgängigen durch Sinken der Temperatur verursachten Bewegung gegen einen Contact stößt und einen Strom schließt, der dem Alarmapparat in Thätigkeit setzt.

Elektrische Apparate zur Verhütung von Zusammenstößen zweier Eisenbahnzüge sind von Grubmann und Mitschri in Petersburg in Vorschlag gebracht worden.**) Dieselben sollen einestheils den Locomotivenführer wie den Stationsvorstand von jeder falschen Weichenstellung in Kenntniß setzen, anderntheils eine Verständigung zwischen dem Stationsvorstande und dem Locomotivenführer eines auf der Linie laufenden Zuges ermöglichen. Außerdem geben diese Apparate jeder der beiden nächsten Stationen die Stelle an, wo der Zug sich gerade befindet.

Es sind im Ganzen vier Apparate, welche zu diesem Zwecke zusammen wirken:

1) Ein Stationsapparat, aus einem durch Elektricität getriebenen Uhrwerke bestehend, giebt auf der Station den Augenblick des Abganges des Zuges, seine allmälige Annäherung an die Bestimmungsstation und seine Geschwindigkeit an und soll die Möglichkeit gewähren, den Zug mittels eines Signales jederzeit auf der Linie anzuhalten.

2) Ein ähnlicher Apparat auf der Locomotive zeigt dem Führer an, auf welcher Bahnwerst er sich befindet und wie

*) Comptes rendus, 1874 avril 13, p. 1066.

**) Engineering, deutsche Ausgabe, Dec. 1874, S. 291; Polytechn. Centralbl. 1875, S. 168.

groß die mittlere Geschwindigkeit ist; das Läuten eines Glöckchens macht ihn auf eine bevorstehende Gefahr aufmerksam, damit er den Zug zum Stehen bringen kann.

3) Ein Manipulator, welcher in Entfernung von je einer Werst auf den Schwellen zwischen den Schienen befestigt wird und aus zwei Theilen besteht, die mit einander in elektrischer Verbindung stehen, und

4) eine Metallbürste unten an der Locomotive, die durch 2 Leitungsdrähte mit dem Apparate auf der Locomotive verbunden ist.

Endlich noch ein Haken am letzten Wagen des Zuges.

Die Wirkungsart dieser Apparate ist nun folgende: Bei der Bewegung der Locomotive berührt die Bürste den Manipulator, in Folge dessen springt der Zeiger des Locomotiv-Apparates und zeigt, daß eine Werst zurückgelegt ist. Der am letzten Wagen des Zuges angebrachte Haken trennt den Strom zwischen den beiden Theilen des Manipulators und setzt dadurch Zeiger und Glöckchen der nächsten Stationsapparate in Bewegung. Hält der Zug zwischen zwei Stationen oder zerreißt er, so bleibt der Zeiger auf der Nummer des letztpassirten Manipulators stehen. Ist aber der Zug auf ein unrechtes Geleise gekommen, oder kommt ihm auf demselben Geleise ein anderer Zug entgegen, so giebt der entgegengesetzt wirkende Strom des Manipulators dem Führer durch lange anhaltendes Läuten, den beiden Stations-Vorständen aber durch zweimaliges Anschlagen der Glöckchen der Stations-Apparate Kunde von dem Irrthume.

Versuche, von einer Commission des russischen technischen Vereins in Odessa im October vorigen Jahres angestellt, sollen ein gutes Resultat erzielt haben.

Einem ähnlichen Zwecke soll die automatisch-elektrische Locomotivpfeife (sifflet électromoteur) von Lartigue und Forest*) dienen. Das Ventil einer auf der Locomotive angebrachten Dampfpfeife ist gewöhnlich geschlossen; sobald aber ein Strom die Windungen eines damit verbundenen Elektromagneten durchläuft, öffnet sich dasselbe und die Pfeife tönt. Die ganze Einrichtung bezweckt nun, den Locomotivenführer durch einen Pfiff zum Halten zu veranlassen, im Falle, daß er das

*) Comptes rendus, 1874 mars 30, p. 896.

betreffende optische Signal nicht bemerkt haben sollte. Zu dem Zwecke befindet sich unten an der Maschine eine mit den Elektromagnetumwindungen leitend verbundene Drahtbürste, die, ein Stück von dem Signal entfernt, eine Metallplatte, die sich am Boden befindet, berührt, wodurch der Strom einer Batterie geschlossen wird, die nun die Pfeife zum Tönen bringt. Auf dem französischen Chemin de fer du Nord hat man im Jahre 1872 acht Monate lang Versuche mit diesem Apparate angestellt, die so befriedigend ausgefallen sind, daß 1873 der Gebrauch desselben bei allen Maschinen von großer Geschwindigkeit vorgeschrieben wurde. Zwischen Paris, Amiens und Tergnier sind in Folge dessen alle optischen Telegraphen in etwa 100 Meter Entfernung mit den Contactplatten versehen worden. Auch in Fabriken, Bergwerken hat man sich, der Angabe des Generals Morin zufolge, der automatisch-elektrischen Pfeife mehrfach bedient.

A. Geyer in Schwäbisch Gmünd hat einen elektrischen Apparat angebracht, um den Stand des Gases im Gasbehälter zu controliren*) und zu verhüten, daß die Glocke zu hoch getrieben wird. Eine Alarmglocke steht durch doppelt übersponnenen Kupferdraht einestheils mit der elektrischen Batterie, anderntheils mit an jedem der Gasbehälter-Leitwerke angebrachten Flacheisenstäben in Verbindung. Jeder dieser Eisenstäbe ist so hoch als die Gasglocke und trägt nicht ganz am höchsten und tiefsten Punkte, so weit man die Glocke gehen lassen will, eine Contactfeder von Hartmessing, welche von dem Standzeiger an der Glocke berührt wird, sobald letztere ihre höchste oder tiefste Stelle einnimmt. Dadurch wird nun der Strom geschlossen, die Alarmglocke in Gang gesetzt und das Arbeitspersonal daran erinnert, den Eingang für das Gas zu wechseln.

Lufbery bedient sich des Elektromagnetismus, um eine mechanische Ausrückung für Wirkmaschinen in Gang zu setzen, wenn entweder der Faden reißt oder abgelaufen ist, oder einen Knoten hat, oder wenn die Nadel verbogen ist.**) Mit dieser Einrichtung genügt ein Arbeiter zur

*) Journal f. Gasbeleuchtung 1875, S. 203; Polytechn. Centralbl. 1875, S. 571.

**) Beschreibung u. Abbild. im Polytechn. Centralbl. 1874, S. 817 u. Revue industrielle 1874, p. 8.

Ueberwachung von vier Stühlen, während er sonst kaum einen einzigen bedienen kann.

Die erste Ausführung dieses Systems erfolgte in der Fabrik von Hutchinson u. Co. zu Langlée, in der Nähe von Montargis. Statt einer Batterie wird eine Gramme'sche Maschine benutzt, welche der Motor der Fabrik treibt. Eine einzige solche Maschine genügt für 50 Stühle, welche Tricot für Kautschukschuhe fertigen, und wird später 120 versorgen. Durch eine einfache Vorrichtung wird bei dieser Maschine der Strom allemal unterbrochen, sobald die Ausrückung gewirkt hat; die Maschine liefert also für jede Arretirung nur auf wenige Secunden den Strom. Diese Maschine consumirt aber nur dann beträchtliche mechanische Arbeit, wenn sie einen Strom liefert, ist dagegen im Leergange sehr leicht zu treiben.

Einen mechanischen Zwirnhaspel mit elektrischer Abstellung hatten Wegman u. Co. in Baden (Canton Aargau, Schweiz) auf der Wiener Ausstellung und nach einem Berichte von Delabar*) ist derselbe seitdem noch mehr vervollkommnet worden. Der Stuhl hat den Zweck, weich gesponnene Baumwollgarne zwei- oder dreifach von Bobinen abzuhaspeln und mit einer schwachen Drehung zu versehen, wie solche Garne besonders von Strumpfwirkern zur Verwendung kommen. Der Haspel hat 30 Hauptspindeln, von denen jeder drei Bobinenspindeln trägt, auf welche die einzelnen Klötzer mit dem abzuhaspelnden Garne gesteckt werden. Bricht nun einer dieser Garnfäden während des Abhaspelns, so wird durch die elektrische Einrichtung der Haspel von selbst abgestellt und es können dann die Faden wieder zusammengeknüpft werden.

Storey hat einen Apparat angegeben, um mittels eines Magneten ohne Vermittelung eines Kolbens oder einer Stopfbüchse die auf- und niedergehende Bewegung des Schwimmers im Kessel anzuzeigen.**)

Auf dem gleichen Principe beruht auch Perrotte's magnetischer Wasserstandszeiger.***)

---

*) Mit Abbild. in Dinglers Journ. Bd. 214, S. 99.
**) Dass. Bd. 195, S. 290.
***) Dass. Bd. 214, S. 97.

Eine interessante Anwendung des Elektromagnetismus bildete der Melograph, den die Wiener Weltausstellung in der italienischen Abtheilung unter den physikalischen Instrumenten vorführte. Dieses Instrument löste die auch schon auf anderem Wege bewältigte Aufgabe, jedes auf einem Tasteninstrumente gespielte Musikstück selstthätig niederzuschreiben. Das Princip, auf welches sich die Einrichtung des Melographen gründet, ist dasselbe, wie dasjenige des Caselli'schen Copirtelegraphen. Jede Taste trägt eine Metallspitze, die sich beim Niederdrücken der ersteren auf einen feuchten, mit gelbem Blutlaugensalz getränkten, auf dem Mantel eines Messingcylinders aufliegenden Papierstreifen legt; ein elektrischer Strom, der durch die Spitze geht, erzeugt durch Zersetzung des Salzes auf dem sich gleichförmig abwickelnden Streifen einen der Dauer des Niederdrückens der Taste entsprechenden Strich.*)

Das elektrische Feuerzeug von Voisin und Dronier ist eine mit Petroleumäther gespeiste kleine Lampe, neben welcher in einem Kasten ein kleines galvanisches Element aufgestellt ist, das, sobald man an einem auf der Außenseite angebrachten Knopfe drückt, seinen Strom durch eine kleine Platinspirale sendet, die sich unmittelbar über dem Dochte befindet und denselben entzündet, sobald der Strom durch sie hindurchgeht.**)

Varin's Separator für Eisenfeilspäne. Um Eisenfeilspäne, welche sich häufig mit Dreh- und Feilspänen von Kupfer oder Messing gemengt finden, von diesen zu trennen, hat Varin in Paris einen magnetischen Separator construirt. Derselbe besteht aus zwei über einander gestellten hohlen Cylindern, welche sich nach derselben Richtung drehen und auf welche das zu separirende Material durch einen Trichter aufgeschüttet wird. Die äußere Fläche dieser Cylinder besteht aus Bändern von Schmiedeeisen, welche in magnetischem Zustande gehalten werden. Die Eisentheile werden nun von den Cylindern angezogen und können nach einiger Zeit abgebürstet werden, das übrige Material fällt durch. Man soll mit Hilfe des Apparates nahe an 500 Kilogr.

---

*) S. „Stenographirte Musik" von Pisko in der „Internationalen Ausstellungsztg." vom 22. Juni 1873.

**) Bulletin de la Soc. d'Encouragement, Nov. 1874, p. 552, 659; Dinglers Journ. Bd. 215, S. 50; Polyt. Centralbl. 1875, S. 300.

Material in der Stunde zu sortiren vermögen. In einer Sitzung der Société d'encouragement pour l'industrie nationale, in welcher dieser Apparat vorgezeigt wurde, machte Manchon die Mittheilung, daß es ihm gelungen sei, mit Hilfe desselben Titaneisen aus dem Ackerboden abzusonden, und zwar in der geringen Quantität von 1/2 Gramm aus 100 Kilogr. Erde.

Meteorologie.

Ueber die meteorologischen Unterschiede der Nord- und Südhälfte der Erde.

hat sich H. W. Dove in einer in den Monatsberichten der Berl. Akad. veröffentlichten Arbeit weiter verbreitet.*)

Schon früher hat derselbe zu bestimmen versucht, innerhalb welcher Grenzen die Temperatur eines bestimmten Zeitabschnittes im Jahre, z. B. eines Monates, in einer langen Jahresreihe schwanke. Er hat mittlere Veränderlichkeit genannt das Mittel aus allen in den einzelnen Jahren beobachteten Abweichungen des Monatsmittels von seinem normalen, aus vielen Jahrgängen bestimmten Werthe; dagegen absolute Veränderlichkeit den Unterschied des größten und kleinsten Werthes. Dabei hat sich nun herausgestellt, daß die mittlere Veränderlichkeit in der gemäßigten Zone im Allgemeinen zunimmt mit wachsender geographischer Breite und ihr Maximum erreicht an der eigentlichen Grenze des continentalen und Seeklimas, daß sie sich in Europa schnell nach Westen hin vermindert, und im ausgesprochenen Seeklima am kleinsten ist. Ferner zeigte sich an allen Stationen die Veränderlichkeit in den eigentlichen Wintermonaten viel erheblicher als in den wärmeren; es findet dies seine Erklärung in der in den Wintermonaten größeren Wärmeabnahme mit zunehmender geographischer Breite, wenn man, wie jetzt allgemein geschieht, die Veränderlichkeit auf die Abwechselung von Aequatoreal- und Polarströmen zurückführt.

Die damals berechneten Stationen lagen alle auf der nördlichen Halbkugel. Es ließ sich nun erwarten, daß auf der süd-

*) Im Auszuge in Poggend. Ann. Jubelbd., S. 661.

lichen Erdhälfte sich Aehnliches zeigen würde, daß aber dort die Veränderlichkeit geringer sein werde, weil sich der ausgleichende Einfluß des Meeres in Folge der überwiegenden Wassermasse energischer geltend machen muß. Diese Vermuthung hat sich auch neuerdings bei Bearbeitung des von der südlichen Halbkugel vorliegenden Beobachtungsmateriales bestätigt; aber neben diesem quantitativen Unterschiede stellt sich noch ein qualitativer heraus. Während nämlich auf der nördlichen Erdhälfte die Temperatur einzelner Winter sich viel erheblicher unterscheidet, als diejenige einzelner Sommer, ist auf der südlichen Halbkugel umgekehrt die Wärme der einzelnen Sommer verschiedener als diejenige der Winter.

Dove erklärt diesen Umstand daraus, daß während des Sommers der Südhemisphäre (unseres Winters) die Sonne der Erde näher steht als in unserem Sommer, weshalb denn auch die Insolation im Sommer auf der Südhälfte bedeutender ist als im Sommer auf der Nordhälfte. Auf diese Thatsache scheint zuerst John Herschel aufmerksam gemacht zu haben, der am Cap die Temperatur von 56°4 an der Bodenfläche beobachtete. In Folge dieser stärkeren Insolation fühlt man auch auf der Südhalbkugel den Unterschied, wenn man im Sommer aus dem Schatten in die Sonne tritt, weit stärker als bei uns; es ist dies ein Umstand, der auch dem gewöhnlichsten Auswanderer auffällt, wenn er aus Europa kommend, etwa in Australien oder Neuseeland sich ansiedelt. „Der Aequatorealstrom ruft im Allgemeinen Bedeckung des Himmels hervor, der Polarstrom Aufheiterung, weil die Dampfcapacität der Luft bei jenem im Fortströmen sich vermindert, bei diesem erhöht. Ueberwiegend bedeckter Himmel erzeugt daher bei uns milde Winter und kühle Sommer, überwiegend heiterer heiße Sommer und kalte Winter. Ist nun auf der südlichen Erdhälfte der Unterschied der Einwirkung eines bedeckten Himmels bei der Sonnennähe im Sommer sehr bedeutend, so kann er so groß werden, daß Sommer mit überwiegend bedecktem Himmel sich von Sommern mit überwiegend heiterem Himmel stärker von einander unterscheiden, als dies im Winter bei gleichen Bedeckungsunterschieden, bei der dann weiter abstehenden Sonne der Fall ist."

Es hängt damit noch ein anderer Unterschied beider Erdhälften zusammen. Berechnet man nämlich für die einzelnen

Jahreszeiten eine thermische Windrose, so findet sich auf der nördlichen Erdhälfte der Unterschied der Temperatur des kältesten und wärmsten Punktes der Windrose im Winter größer als im Sommer. Dove fand z. B. für Paris diesen Unterschied im Winter 5°57 C., im Sommer 3°07; für Chiswik an einem beschatteten Thermometer im Winter 10°42 F., im Sommer 5°13, an einem der Sonne ausgesetzten 10°64 und 6°05. Von der südlichen Hemisphäre besitzen wir nur für Melbourne aus den Neumayer'schen Beobachtungen eine Windrose. Dort ist in Fahrenheit'schen Graden

der	im Sommer	Herbst	Winter	Frühling
wärmste Punkt der Windrose	74,53	61,35	50,64	62,01
kälteste " " "	60,66	55,93	46,37	53,78

„Die auffallende Größe des Wärmeunterschiedes der Winde im Sommer, das Uebertreffen desselben über den im Winter, entgegengesetzt den auf der nördlichen Erdhälfte ohne sehr locale Einflüsse hervortretenden Erscheinungen, kann nur der auf der südlichen Erdhälfte gesteigerten Insolation zugeschrieben werden."

Es sind nach Dove vorzugsweise folgende drei Unterschiede zwischen der südlichen und der nördlichen Erdhälfte, welche sich in den meteorologischen Erscheinungen als bedingende Ursachen geltend machen:

1. Die zu der beiden gemeinsamen Drehungsrichtung entgegengesetzte Lage der kalten, gemäßigten und heißen Zone;

2. die überwiegende Wasserbedeckung der südlichen Erdhälfte, verglichen mit der nördlichen, auf welcher continentale Massen sich in viel größerem Maße über die flüssige Bedeckung erheben;

3. der wegen der elliptischen Erdbahn in gleichbezeichneten Jahreszeiten ungleiche Abstand von der Sonne.

Von der ersten Ursache hängen ab:

a) die Richtung des unteren Passates: NO auf der nördlichen, SO auf der südlichen Erdhälfte;

b) die Richtung des oberen Passates: SW auf der nördlichen, NW auf der südlichen Halbkugel;

c) die Richtung des Monsuns: SW auf der nördlichen, NW auf der südlichen;

d) die in dem Drehungsgesetz sich aussprechende Verände=

rung der Windrichtung: N. O. S. W. auf der nördlichen, N. W. S. O. auf der südlichen Halbkugel, endlich

e) die Drehung der Wirbelstürme: S.O.N.W. auf der nördlichen, S.W.N.O. auf der südlichen.

Durch die zweite Ursache werden vorzugsweise folgende Erscheinungen bedingt:

a) Die Temperaturverhältnisse der südlichen Erdhälfte zeigen überwiegend die dem Seeklima eigenthümlichen Erscheinungen: kühle Sommer und milde Winter, die der nördlichen hingegen heiße Sommer und kalte Winter. Bildet man daher die gleichzeitigen Summen, so wird die des kalten Winters der nördlichen plus dem kühlen Sommer der südlichen nothwendig kleiner als die des heißen Sommers der nördlichen plus dem milden Winter der südlichen, woraus folgt, daß die Temperatur der ganzen Atmosphäre nicht, wie man früher glaubte, in der jährlichen Periode unveränderlich ist, sondern eine erhebliche periodische Veränderung zeigt, deren Größe Dove schon 1846 zu bestimmen versucht hat.

b) Die mittlere und absolute Veränderlichkeit ist größer auf der nördlichen Erdhälfte als auf der südlichen;

c) Isothermen und Isanomalen sind stärker gekrümmt auf jener als auf dieser.

Aus der besonderen Vertheilung der festen Massen erklärt sich ferner Folgendes:

d) Die Krümmung der Isothermen nimmt auf der nördlichen Erdhälfte ab mit Annäherung an den Aequator, auf der südlichen aber nimmt sie zu.

e) Die Bedeutung der geographischen Länge ist wegen des Zurücktretens des Gegensatzes einer festen und flüssigen Grundfläche unerheblicher auf der südlichen Erdhälfte als auf der nördlichen. Barometrische Auflockerungsgebiete neben Gebieten, wo eine solche Auflockerung nicht stattfindet, sind daher auf der südlichen Erdhälfte nicht von der Ausdehnung als auf der nördlichen. Alle derartige Erscheinungen treten auf der Südhälfte mehr in bandartigen, die ganze Erde umfassenden Streifen hervor, weil bei Wegfallen des Gegensatzes einer festen und flüssigen Grundfläche unter verschiedenen Längen nur der Einfluß der geographischen Breite sich geltend machen kann.

Die dritte Ursache endlich macht sich in folgenden Erscheinungen geltend:

a) Im Sommer der südlichen Erdhälfte ist die Insolation viel erheblicher als im Sommer der nördlichen;

b) der Wärmeunterschied des wärmsten und kältesten Windes ist auf der südlichen Erdhälfte größer im dortigen Sommer als im dortigen Winter, gerade umgekehrt wie auf der nördlichen Erdhälfte, wo im Winter dieser Unterschied erheblicher ist als im Sommer;

c) die Winter der nördlichen Erdhälfte unterscheiden sich in einzelnen Jahrgängen stärker unter einander als die Sommer, auf der südlichen Erdhälfte hingegen die Sommer mehr als die Winter.

Wissenschaftliche Ballonfahrten.

Seit mehreren Jahren schon hat man in Frankreich eine Reihe von Luftfahrten zu dem Zwecke unternommen, die meteorologischen Verhältnisse der oberen Schichten der Atmosphäre genauer zu untersuchen. Diese Bestrebungen sind nicht nur von einer besonderen Gesellschaft, der Pariser aëronautischen Gesellschaft, gefördert worden, sondern auch die Akademie und verschiedene Private haben denselben ihre Unterstützung zu Theil werden lassen.

Crocé-Spinelli und seine Begleiter Jobert, Pénaud und Petard erreichten unter Sivel's Führung am 16. Juni 1873 eine Höhe von 4600 Meter, wo die Temperatur 20° unter Null betrug und sie Gelegenheit fanden, Gewölk zu beobachten, das aus Eisnadeln bestand.

Um die bei dieser Auffahrt begonnenen meteorologischen und physiologischen Studien fortzusetzen, wurde am 22. März 1874 unter Sivel's Leitung mit dessen 2800 Cub.-Meter fassenden Ballon „Étoile polaire“ eine neue Fahrt unternommen.*) Um 11 Uhr 30 Min. Vormittags erfolgte die Abfahrt von der Gasanstalt von La Villette in Paris, um 1 Uhr 30 Min. wurde die größte Höhe von etwa 7300 Meter bei 300 Millim. Barometerstand und —22° Temperatur erreicht,

*) Comptes rendus, 1874 avril 6, p. 946. u. avril 13, p. 1060.

während die Temperatur am Boden bei der Abfahrt +13° betrug; um 2 Uhr 12 Min. kamen die Luftschiffer bei Bar sur Seine nach Zurücklegung eines Weges von 190 Kilometer wieder zu Boden. Sie waren auf ihrer Fahrt durch zwei Luftschichten von verschiedener Geschwindigkeit und Richtung gekommen. Um den übeln Folgen der starken Luftverdünnung in großen Höhen vorzubeugen, hatten sie auf den Rath von Bert Ballons mit Sauerstoffgas mitgenommen, das sie von Zeit zu Zeit einathmeten.

Von Interesse sind besonders die spectroskopischen Beobachtungen, welche Crocé-Spinelli anstellte. Es handelte sich wesentlich um 2 dunkle Banden zu beiden Seiten der Natriumlinie. Janssen schrieb denselben einen terrestrischen Ursprung zu und vermuthete daher, daß sie in größeren Höhen, oberhalb der eigentlichen Wasserdampfatmosphäre, verschwinden würden; Secchi dagegen, welcher Wasserdämpfe auf der Sonne wahrgenommen haben will, suchte ihren Ursprung dort und hielt sie für beständig. Die Erfahrung hat Janssen Recht gegeben, in 5500 Meter Höhe verschwand die Bande rechts, bei 7000 Meter auch die andere. Die Linien E und namentlich F waren dagegen noch schärfer sichtbar als an der Erdoberfläche; das Roth erschien sehr dunkel, B und C waren kaum wahrnehmbar.

Gewölke von Eisnadeln wurden zweimal in 5000 Meter Höhe angetroffen. Die einzelnen Nadeln waren 20 bis 40 Centim. von einander entfernt und glänzten so lebhaft in der Sonne, daß sie, ungeachtet ihrer Kleinheit, noch in 100 Meter Entfernung sehr gut sichtbar waren. Merkwürdigerweise konnten diese Nadeln nur unterhalb des Ballons wahrgenommen werden, was wohl eine Folge der Reflexion des Sonnenlichtes von ihren Flächen ist. Der Anblick des Spectrums wurde durch diese Gebilde nicht geändert. Die Temperatur betrug in dem Eisgewölk 0°, stieg darüber anfangs wieder auf +2° und fiel dann wieder bis auf —22°.

Am 24. September unternahmen die Gebrüder Tissandier mit W. de Fonvielle und noch drei Anderen eine Luftfahrt*), wobei sie sich in drei verschiedenen Regionen bewegten: zwischen 1600 und 1200 Meter, zwischen 1200 und 800 Meter und zuletzt zwischen 800 und 550 Meter. Bei

*) Comptes rendus, 1874 octobre. 5, p. 814 u. 816.

dieser Fahrt wurden von Fonvielle dreimal in Höhen zwischen 1000 und 1500 Meter spectroskopische Beobachtungen angestellt. Es stellte sich dabei eine merkwürdige Aenderung des Spectrums heraus: das Blau hatte den Raum eingenommen, den sonst die indigo und violetten Strahlen inne haben, das Roth war ungeändert geblieben; als aber der Ballon sich der oberen Wolkengrenze genähert hatte, fanden sich Violett und Indigo wieder an ihrem Platze. Die Sonnenstrahlung war in 1200 Meter Höhe so stark, daß die Aëronauten sich zum Schutze gegen Sonnenbrand den Kopf mit Tüchern umhüllen mußten. Noch machte Tissandier eine merkwürdige Beobachtung. Gewölke unter dem Fahrzeug entzogen den Erdboden seinen Blicken; der Schall zahlreicher Stimmen von unten belehrte ihn aber, daß man das Luftschiff von der Erde aus sehen konnte, und er war auch im Stande, von den ihm unsichtbaren Personen Erkundigungen einzuziehen. Diese Wolken waren also in der Richtung von oben nach unten undurchsichtig, in der entgegengesetzten aber durchsichtig. Es dürfte sich dieser Umstand wohl einfach dadurch erklären, daß der Luftballon von den Strahlen der Sonne hell erleuchtet war, während die Erde von den Wolken beschattet wurde, die noch obendrein intensives Licht nach oben reflectirten.

Im Frühjahre 1875 wurden von der französischen Luftschifffahrtsgesellschaft zwei Auffahrten veranstaltet, die eine von sehr langer Dauer, die andere in große Höhen.

Die erste wurde am 24. März von Sivel, Albert und Gaston Tissandier, Crocé-Spinelli und Jobert ausgeführt.*) Der neue Sivel'sche Ballon „Zenith“, den sie benutzten, hat 18 Meter Durchmesser und 3000 Cubik-Meter Inhalt, seine Gondel ist 2,8 M. lang und 1,6 M. breit. Außer den gewöhnlichen Instrumenten, wie Barometer, Thermometer, Hygrometer, Bussole, Fernröhren, wurden auch Davy'sche Lampen für die Beobachtungen in der Nacht, zwei Spectroskope von Duboscq, eine Elektroskop mit 200 M. Kupferdraht, ein Instrument von A. Pénaud zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit, ferner ein von Hervé Mangon und G. Tissandier construirter Aspirator zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der

*) Comptes rendus, 1875 avril 5, p. 866 und avril 12, p. 976.

Luft und verschiedene andere Instrumente mitgenommen. Die Auffahrt erfolgte von der Gasfabrik von La Villette in Paris am Abende des 23. März 6 Uhr 20 Min., und nach einem Aufenthalte von 22 St. 40 Min. in der Luft stiegen die Luftschiffer am nächsten Nachmittag 5 Uhr in Monplaisir unfern von Bassin d'Arcachon, Dep. Gironde, wieder zu Boden. Anfangs wehte der Wind aus Nordosten und führte den Ballon über Versailles, Chartres, Chauteaudun, Tours, Lusignan in die Gegend von La Rochelle, dann aber trat der schwache Westwind ein, von dessen Dasein die Luftschiffer schon durch ein Telegramm von Tours unterrichtet waren; mit Hilfe des Nordwest entfernten sie sich wieder vom Meere und setzten über die Gironde. Die gesammte horizontale Länge des zurückgelegten Weges beträgt 573 Kilometer. Der Ballon hielt sich meist in einer mittleren Höhe von ungefähr 1000 Meter, nur am 24. früh gegen 7 Uhr stieg er bedeutend höher und erreichte kurz vor 8 Uhr die größte Höhe von 1820 M. Nach Ueberschreitung der Gironde, etwa von früh 11 Uhr an, stieg der Ballon abwechselnd in den oberen östlichen Luftstrom und sank wieder in den unten wehenden Nordwest. Aus dem veröffentlichten Diagramme sieht man deutlich, wie der Ballon den Erhebungen und Vertiefungen des Bodens folgte und, durch den aufsteigenden Luftstrom getrieben, wiederholt beim Ueberschreiten eines Hügels sich merklich erhob.

Die Temperatur blieb während der Nacht, in einer Höhe von 700 bis 1100 M., zwischen —1° und —4°5. Unten am Boden fror es bei noch niederem Thermometerstande. Oberhalb des Ballons breiteten sich Cirri aus, die allmälig höher stiegen, sich verdichteten und kurz vor Sonnenaufgang (4 Uhr 30 Min. bis 5 Uhr 35 Min. früh) zur Bildung eines schönen Mondhofes mit Kreuz Anlaß gaben. Anfangs umgab sich der Mond mit einem kleinen Ringe, dann bildete sich das Kreuz; eine halbe Stunde später waren die Arme des Kreuzes durch eine Ellipse verbunden, die nach Sonnenaufgang wieder verschwand.

Von Interesse sind die von Crocé-Spinelli angestellten spectroskopischen Beobachtungen. Wenn Sonne und Mond unterm Horizonte waren, zeigte das Spectroskop sehr deutlich die Wasserdampflinien. Sobald aber eines der beiden Gestirne sich überm

Horizonte erhob, wurden dieselben schwächer und fast unsichtbar, ein Zeichen für die geringe Menge Wasserdampf in der Höhe.

Von den vier Brieftauben, welche man früh zwischen 9 und 11 Uhr zwischen der Charante und Gironde fliegen ließ, traf keine einzige in Paris ein.

Was die Luftelektricität anlangt, so divergirten die Goldblättchen des Elektroskopes nicht in der Nacht, mit Sonnenaufgang aber stellte sich eine Divergenz von 0m06—0m07 ein, die später wieder abnahm, beim Passiren der Gironde aber gleichzeitig mit dem Steigen der Temperatur schnell auf 0m06 ging, um nachher wieder bis zur Unmerkbarkeit abzunehmen.

Um den Kohlensäuregehalt der Luft zu bestimmen, wurde die Luft mittels eines Aspirators durch zwei 0m38 hohe und 0m03 weite Glasröhren geleitet, die mit Bimstein gefüllt waren, den man mit kaustischem Kali getränkt hatte. Später wurde die absorbirte Kohlensäure mittels verdünnter Schwefelsäure verjagt und ihr Volumen gemessen. Die beiden Versuche, welche am Abend des 23. von 8 Uhr 45 Min. bis 10 Uhr 7 Min. in 800 bis 890 M. Höhe und am Morgen des 24. von 3 Uhr 35 Min. bis 4 Uhr 30 Min. in 1000 Meter Höhe angestellt wurden, gaben 2,4 und 3,0 Volumina Kohlensäure in 10,000 Volumtheilen Luft von 0° C. und 760 Millim. Barometerstand. Auf der Erdoberfläche beträgt der Kohlensäuregehalt nach Thenard 4, nach Th. de Saussure 4,15, nach Boussingault 4, nach Truchot 4,09, nach Schulze 2,90, nach Henneberg 3,20; auf dem Gipfel des Puy de Dome, in 1446m Höhe, fand Truchot 2,03 Volumina in 10000 Raumtheilen Luft.

Ob wirklich, wie es hier noch den Anschein hat, mit wachsender Höhe der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre abnimmt, das sollte auf der nächsten, mit dem „Zenith" zu unternehmenden Auffahrt entschieden werden, bei welcher man in möglichst große Höhen vordringen wollte. Die Führung dieser Fahrt, die ein so tragisches Ende nehmen sollte, hatte wieder Sivel übernommen, es war seine zwei und sechszigste Fahrt; begleitet war er diesmal nur von Gaston Tissandier und Crocé-Spinelli. Die Abfahrt erfolgte am 15. April Vormittags 11 Uhr 32 Min. von La Villette aus; gegen 1 Uhr hatte man bereits 5000 Meter Höhe erreicht und 20 Min. später

7000 Meter. Bis dahin verlief Alles glücklich; die drei Luftschiffer konnten ungestört ihren Beobachtungen obliegen.*) Das Thermometer zeigte

11 Uhr 35 Min.	an der Erdoberfläche	+14° C.
	in 792 Meter Höhe . .	8
11 „ 40 „	„ 1267 „ „	8
	„ 3200 „ „	1
12 „ 15 „	„ 3698 „ „	2
	„ 4387 „ „	0
15 „ 51 „	„ 4700 „ „	0
	„ 5210 „ „	—5
1 „ 05 „	„ 5600 „ „	—5
	„ 6700 „ „	—8
1 „ 20 „	„ 7000 „ „	—10
	„ 7400 „ „	—11
	„ 8000 „ „	?

Mittels eines im Ballon angebrachten Thermometrographen wurde ferner die Temperatur im Innern desselben gemessen. Dieselbe betrug in 4600 Meter Höhe 19°, bei 5200 Meter 24° und nahm wahrscheinlich in größerer Höhe noch mehr zu; bei der Landung betrug sie 23°. Die hohe Temperatur des im Ballon eingeschlossenen Gases innerhalb einer sehr kalten Luftregion macht die Raschheit des Steigens erklärlich, welche wahrscheinlich den unglücklichen Ausgang der Fahrt herbeigeführt hat. Crocé-Spinelli konnte wieder das allmälige Verschwinden der dem Wassergas angehörigen dunkeln Linien im Sonnenspectrum in größerer Höhe constatiren; bei 5000 Meter hörte ihn Tissandier rufen: „Keine Wasserlinien mehr im Spectrum!“ Von 4000 Meter Höhe an wurden physiologische Beobachtungen angestellt: in 4602 M. Höhe zählte Tissandier, dessen Pulsschläge am Boden 70—80 in der Minute betrugen, deren 110, während Crocé und Sivel, von denen der erste in normalen Verhältnissen 74—85, der letztere 76—86 Pulsschläge in der Minute hatte, in einer Höhe von 5300 Meter 120 und 115 zählten. Die Temperatur der Mundhöhle war bei Crocé in 5210 Meter Höhe 37°5, bei Sivel in 5300 Meter Höhe 37°9.

*) Bericht von Tissandier: Comptes rendus, 1874 avril 26, p. 1060.

Die Atmosphäre war am 15. April mit winzigen Eissplittern erfüllt, von denen man am Boden keine Ahnung hatte. Schweifartige Wölkchen umschwebten den Ballon in etwa 5000 Meter Höhe; bei 7000 Meter bildete dieses Gewölk gleichsam ein Amphitheater und die Erde erschien nur noch wie der Boden einer ungeheuren Walze. Der „Zenith“ begegnete an diesem Tage nur einem einzigen, außerordentlich dichten Luftstrom.

Außer den erwähnten Beobachtungen waren auch Aspirationen von Kohlensäure ausgeführt worden.

Erst in 6500 Meter Höhe schienen Crocé und Sivel sich unwohl zu befinden; Tissandier fand sie sehr bleich, er selbst fühlte sich schwach. In 7000 Meter Höhe athmete er von der mitgenommenen, 65 Proc. Sauerstoff enthaltenden Luft ein und fühlte sich wieder gekräftigt. Das Verweilen in hohen Regionen ruft ganz eigene Empfindungen hervor. Eine Gleichgültigkeit gegen die Außenwelt bemächtigt sich des Menschen; die Schwäche des Organismus wirkt auf das Gehirn zurück. Man leidet nicht, verliert aber auch das Bewußtsein der Gefahr. Man spürt das Umsichgreifen der Erstarrung und thut Nichts, um ihr entgegen zu arbeiten. Endlich umnachtet sich das Begriffsvermögen, es ist, als ob man einschliefe.

Bei 7000 Meter Höhe warf Sivel noch drei Säcke Ballast aus. Der Ballon stieg reißend schnell immer höher. „Plötzlich,“ so schreibt Tissandier, „fühle ich mich so schwach, daß ich nicht einmal den Kopf wenden kann, um nach meinen Gefährten zu sehen, die sich wie ich glaubte, gesetzt haben. Ich will das Sauerstoffrohr ergreifen, kann aber nicht mehr die Arme erheben. Mein Geist war noch sehr hell, ich hatte die Augen auf das Barometer gerichtet und sah eben die Nadel auf die Ziffern 290, dann auf 280 und darunter weichen. Ich will rufen: „Wir befinden uns 8000 Meter hoch!“ aber meine Zunge war wie gelähmt. Mit einemmale schließe ich die Augen und breche wie leblos zusammen, alle Besinnnug verlierend; es war gegen halb 2 Uhr.“ Als Tissandier 2 Uhr 8 Min. auf einen Augenblick erwachte fiel der Ballon, Sivel und Crocé lagen in Ohnmacht: schnell wurde ein Ballastsack abgeschnitten und eine Notiz niedergeschrieben, dann umfing ihn wieder eine Ohnmacht. Er empfindet noch einen starken Luft-

zug, der auf sehr rasches Fallen hindeutete. Einige Zeit nachher fühlt er sich an den Armen gerüttelt und Crocé ruft ihm zu: „Werfen Sie Ballast aus! Wir fallen!“ Aber kaum ist er im Stande die Augen zu öffnen und er weiß nicht, ob Sivel wieder zu Bewußtsein gekommen, er errinnert sich nur, daß Crocé den 17 Kilogr. schweren Aspirator nebst allem möglichen Ballast, Decken &c. über Bord geworfen. Diese Gegenstände sind nachher wiedergefunden worden, der Aspirator in der Gemeinde Cormenin (Dep. Loir et Cher), wenige Meter entfernt von einer Bäuerin, die dort mit ihren Kindern das Vieh hütete. Gleich nachher verfiel Tissandier in vollständige Bewußtlosigkeit. Als er 3/4 4 Uhr die Augen wieder aufschlug, fiel der Ballon entsetzlich rasch; Sivel und Crocé-Spinelli lagen zusammengekauert in ihre Mäntel gehüllt in der Gondel. Als Tissandier versuchte sie aufzurichten, erkannte er mit Schrecken, daß beide Leichen waren. Der Ballon befand sich noch in 6000 Meter Höhe. Um die Schnelle des Falles zu hemmen, warf Tissandier noch zwei Säcke Ballast aus. Bald kam der Ballon der Erde näher, im rechten Augenblicke ward der Anker gelöst, aber er faßte nicht Boden; endlich aber gelang es, die Klappe des Ballons zu öffnen, derselbe leerte sich rasch und Tissandier konnte Nachm. 4 Uhr in der Nähe von Ciron bei Le Blanc (Dep. Indre) wieder die Erde betreten.

Was während der letzten Ohnmacht Tissandiers geschehen ist, läßt sich nur muthmaßen. Wahrscheinlich ist nach dem raschen Auswerfen des Ballastes durch Crocé der im Sinken begriffene Ballon schnell wieder zu bedeutender Höhe aufgestiegen. Die unvermittelte, rasche zweimalige Versetzung des Ballons in verdünnte trockene Luft hat nach Tissandiers Meinung seine beiden Gefährten getödtet, sie sind erstickt. Er selbst glaubt die eigene Rettung seinem lymphatischen Temperamente und dem Umstande zu verdanken, daß seine Ohnmacht tiefer war, welche Betäubung dem Organismus zu gute kam. An den längeren Aufenthalt in verdünnter Luft hatten sich übrigens die Luftschiffer vorher einigermaßen gewöhnt durch Verweilen in einem mit solcher verdünnten Luft erfüllten Raume.

Zur Bestimmung der Höhe, die der Ballon erreicht hatte, mußte man, da die Luftschiffer selbst in dem entscheidenden Zeitpunkte nicht beobachten konnten, seine Zuflucht zu den Mini-

mum-Barometern Janssen'scher Construction nehmen, deren 6 in mit Sägespänen gefüllten versiegelten Kisten die Reise mitmachten. Es sind das verkürzte Barometer; das Barometerrohr selbst ist nur 50 Centim. hoch und es drängt also der Luftdruck das Quecksilber bis ins äußerste Ende der Röhre zurück, die unten umgebogen ist und in ein Haarröhrchen ausläuft. Fällt nun in den höhern Luftregionen das Quecksilber, so muß es durch die Spitze ausfließen, und nach der Menge des ausgeflossenen Quecksilbers läßt sich der niedrigste Stand des Barometers ermitteln und daraus die erreichte Höhe berechnen. Diese Barometer wurden in Paris im physikalischen Laboratorium der Sorbonne in Gegenwart von Jamin, Berthelot und Hervé-Mangon untersucht; nur zwei befanden sich noch in gutem Zustande und aus den Angaben des einen folgt eine Höhe von 8540 Metern, aus denen des andern eine von 8600 Meter.

Wenn anders diese Bestimmungen zuverlässig sind, so würde die Höhe, in welcher Crocé-Spinelli und Sivel ihren Tod fanden, keineswegs die früher erreichten so außerordentlich übertreffen. Es erhoben sich nämlich Robertson und Lhoest 1803 bis zu 7400 Meter, Gay-Lussac 1804 bis 7004 M., Barral und Bixio 1852 bis 7016 M., Welsh 1852 bis 6990 M., Glaisher und Coxwell 1862 bis 8838 M. Letztere Höhe ist noch durch Barometerablesungen sicher gestellt; ob Glaisher und Coxwell sich bei dieser Auffahrt bis zu 11000 M. erhoben haben, wie der erstere vermuthet, kann nicht entschieden werden, da auch diese beiden Luftschiffer in den höchsten Regionen das Bewußtsein verloren. Auf jeden Fall ist das Ueberschreiten von Höhen von 7500 M. mit Gefahren besonderer Art verknüpft, wenn auch Tissandier nicht daran zweifelt, daß er seiner Schlaffheit Herr geworden wäre, wenn er hätte Sauerstoff einathmen können.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Die Elemente und einige einfache Verbindungen derselben.

Sauerstoff.

Eine der wichtigsten Entdeckungen, die je auf dem Gebiete der Chemie gemacht worden sind, hat in dem vergangenen Jahre die Berechtigung zu ihrer hundertjährigen Gedächtnisfeier erlangt.

In seinen jetzt vor hundert Jahren erschienenen Experiments and observation son air Bd. II S. 106 schrieb Joseph Priestley: „Am 1. August 1774 versuchte ich aus dem mercurius praecipitatus per se (d. i. dem rothen Quecksilberoxyd) die in diesem enthaltene Luftart frei zu machen;“ und das Ergebniß dieser Versuche war die in der Geschichte der Chemie Epoche machende Entdeckung des Sauerstoffs. In der That, nur wenige Erfindungen dürften von gleich hoher culturgeschichtlicher Bedeutung sein, wie die Ermittlung der Zusammensetzung der Luft und die Entdeckung ihres wesentlichsten Bestandtheils, des Sauerstoffs. Allerdings ist der mit Stickstoff gemengte Sauerstoff der Atmosphäre von ungleich größerer Wichtigkeit für die Technik als der isolirte reine Sauerstoff; denn kein Industriezweig existirt, der nicht direct oder indirect aus

der Atmosphäre als einer unerschöpflichen Quelle Sauerstoff schöpfte, wogegen die technischen Verwendungen des reinen Sauerstoffs nur vereinzelt erscheinen. Doch ist es ein Mahnruf der Geschichte, der uns heute fragen läßt: „Welches sind die Vortheile, die nach unserer nunmehr hundertjährigen Bekanntschaft mit dem Sauerstoff die directe Anwendung desselben der Technik gebracht hat?“

Mit dieser Frage eröffnet Dr. Oppenheim den chemischen Theil des von der deutschen Centralcommission erstatteten Berichts über die Wiener Weltausstellung, und zur Beantwortung giebt er eine kurze historische Darlegung sowohl der Bemühungen, durch welche man den Sauerstoff der Technik dienstbar zu machen suchte, sowie auch der Methoden, die zur Darstellung des Sauerstoffs in Anwendung gebracht worden sind. Mancherlei von dem, was der Oppenheim'sche Bericht enthält, dürfte den Lesern dieses Jahrbuchs durch dessen frühere Jahrgänge bekannt geworden sein, doch mögen einige, jenem Berichte entnommene Notizen, soweit sie dem früher hier Mitgetheilten zur Ergänzung dienen können, in dem Folgenden Platz finden.

Die Grundbedingung einer jeglichen technischen Verwendung des Sauerstoffs ist selbstverständlich eine ökonomische Methode der Darstellung desselben. Mehrere Methoden, die eine Production im Großen zuzulassen versprachen, sind in den früheren Jahrgängen dieses Jahrbuchs besprochen worden. So das Mallet'sche Verfahren (Bd. III S. 299, Bd. IV S. 268, Bd. VII S. 290), welches auf der leichten Ueberführbarkeit des Kupferoxychlorürs in Kupferchlorür und umgekehrt des Chlorürs in Oxychlorür beruht. Ferner ein anderes mechanisches Verfahren von Mallet (Bd. VII S. 288), welches darauf fußt, daß Sauerstoff von Wasser in reichlicherer Menge gelöst wird als Stickstoff. Auch das Verfahren von Tessié du Motay ist mehrfach (Bd. III S. 300, Bd. IV S. 270, Bd. VII S. 286) zur Sprache gebracht worden. Dasselbe ist indessen seidem noch vielfach geprüft und im Großen angewendet worden, und hat sich dabei durchgängig bewährt, so in Comines bei Lille, in Pantin bei Paris, in New-York, in Brüssel, in Wien. In Folge dessen sind vollständigere Notizen über dasselbe in die Oeffentlichkeit gelangt und wollen wir diese unseren Lesern nicht vorenthalten.

Man wird sich erinnern, daß Tessié du Motay behufs der Sauerstoffgewinnung ein Gemenge von Braunstein oder Mangansuperoxyd mit Natronhydrat abwechselnd im Luft- oder Dampfstrom erhitzte. Dies Gemenge geht im Luftstrom bei dunkler Rothgluth in mangansaures Natrium und Wasser über ($2MnO_2 + 4NaHO + 2O = 2Na_2MnO_4 + 2H_2O$), und mangansaures Natron zerfällt bei derselben Temperatur im überhitzten, trockenen Dampfstrom wieder in Natriumhydrat, Mangansesquioxyd und freien Sauerstoff ($2Na_2MnO_4 + 2H_2O = 4NaHO + Mn_2O_3 + 3O$). Man stellt daher zunächst durch Zusammenschmelzen von Mangansuperoxyd*) und Natronhydrat oder kohlensaurem Natron eine Schmelze von solcher Zusammensetzung her, daß in derselben 2 At. Na auf 1 At. Mn enthalten sind und erhitzt die Masse unter Luftzutritt, bis sie vollständig in mangansaures Natrium verwandelt ist. Meist fügt man der Masse noch etwas Kupferoxyd zu (auf 1 At. Mn nur 1/5 At. Cu), welches nur dazu dient, die Masse zu zertheilen und dem Einflusse der Luft und des Dampfes zugänglicher zu machen. Dieses etwas Kupferoxyd enthaltende mangansaure Natrium erhitzt Tessié du Motay**) in gußeisernen Retorten mit elliptischem Querschnitt, die horizontal neben einander liegen und parallel ihrer Achse durch einen Rost in zwei ungleiche Abtheilungen getheilt sind. Ueber dem Rost sind in jeder Retorte 350 Kg. mangansaures Natron, resp. das reducirte Gemenge von Natronhydrat und Manganoxyd, so ausgebreitet, daß seine Dicke 0,60 M. beträgt und der leere Raum über und unter der Masse möglichst unbeträchtlich ist. Die Luft wird mittels eines Gebläses unter einem Druck von 3 bis 4 Cm. Quecksilbersäule durch ein Blechgefäß mit Aetzkalk geleitet, um sie von Kohlensäure zu befreien, und darauf von oben in die Retorte geführt. Die richtige Temperatur der letzteren kann durch ein mit einem Stopfer verschließbares Loch beobachtet werden. Die Luft giebt hierbei nur etwa die Hälfte ihres Sauerstoffs ab,

*) Man verwendet am Besten das aus den Rückständen von der Chlorentwicklung wiedergewonnene, sogenannte regenerirte Mangansuperoxyd.

**) Nach Angaben von Pourcel, Memoires de la Societé des Ingénieurs civils 1873 und amtlichen Bericht über die Wiener Weltausstellung Bd. III Abth. I S. 9.

so daß für 1 Vol. Sauerstoff 10 Vol. Luft durchgeführt werden müssen, deren Rückstand in die Atmosphäre entweicht. Ist nach 5 Minuten die Wiederbelebung der reducirten Schmelze vollendet, so wird mit Hülfe eines dreifach durchbohrten Hahns der Luftstrom unterbrochen und 5 Minuten lang überhitzter Dampf übergeleitet, während gleich darauf das unterhalb des Rostes austretende Gas in Condensatoren übergeführt wird. Hier befreit ein herabfallender feiner Regen kalten Wassers den Sauerstoff vom Dampf und ersterer tritt unter dem Druck einer 8 bis 10 Cm. hohen Wassersäule in den Gasometer ein. So wechseln Oxydation und Reduction in 5 Minuten langen Intervallen mit einander ab. Erst nach 6 Stunden ist man genöthigt zur vollständigen Wiederbelebung der Schmelze eine Stunde lang atmosphärische Luft darüber zu leiten, denn die Menge des gelieferten Sauerstoffs sinkt in 5 bis 6 Stunden auf die Hälfte oder selbst ein Drittel der ursprünglichen Menge herab. Das Spiel der Hähne wird in Wien durch einen selbstthätigen Apparat geleitet. Je länger man Wasserdampf einführt und so die Retorte von Luft befreit, bevor die Communication mit dem Gasometer geöffnet wird, um so reiner wird der Sauerstoff; eine halbe Minute genügt um nur 15 Proc. Stickstoff übrig zu behalten, wenn der schädliche Raum in der Retorte möglichst klein gehalten wird. Soll, was leicht mög-ist, der Stickstoffgehalt auf 4 Proc. heruntergedrückt werden, so wird um so mehr Sauerstoff geopfert. Um sich zu vergewissern, daß die Stickstoffmenge aus den Grenzwerthen 15 und 10 Proc., die sich bewährt haben, nicht herausgeht, entnimmt man dem Gasometer oder dem Condensator Proben, und bestimmt in denselben den Sauerstoff, indem man ihn durch eine alkalische Lösung von Pyrogallussäure absorbiren läßt.

Da jede Abkühlung der Retorte unter dunkle Rothgluth die Ausbeute vermindert, wärmt man Luft und Dampf auf etwa 300° C. vor. In Pantin, wo mehrere Gruppen von je 10 Retorten aufgestellt sind, dienen zwei derselben, welche mit Bimsstein gefüllt sind, zum Vorwärmen der Luft und des Dampfes.

Das Verfahren von Tessié du Motay liefert den Cubikmeter 90procentigen Sauerstoff zu 15 bis 30 Centimes oder nach

den in Wien gewonnenen Erfahrungen nach Kuppelwieser 1000 Cubikfuß zu 3 fl. Hiernach entfernen sich die Productionskosten des Sauerstoffs nicht erheblich von dem Preise des gewöhnlichen Leuchtgases und darf man wohl anerkennen, daß die Aufgabe, eine ökonomische Methode der Darstellung des Sauerstoffes zu schaffen, durch die beharrlichen Bemühungen des Herrn Tessié du Motay eine befriedigende Lösung gefunden hat. Bezüglich keiner der sonst in Vorschlag gebrachten Darstellungsmethoden des Sauerstoffs kann bis jetzt behauptet werden, daß sie in gleich vollkommener Weise und mit gleich günstigem Erfolge praktisch erprobt worden sei.

Uebergehend zu einer Besprechung der Verwendungen, welche der Sauerstoff erfahren hat, haben wir uns zu erinnern, daß man hauptsächlich in dreifacher Richtung bemüht gewesen ist, dieses Gas nutzbar zu machen; nämlich

1. zur Hervorbringung hoher Hitzegrade in der Metallurgie,
2. zur Erzeugung intensiver Lichtentwicklung im Beleuchtungswesen,
3. zu medicinischen Zwecken.

Durch die Verwendung des Sauerstoffs in der Metallurgie wurden bereits in den Jahren 1857 bis 1859 außerordentliche Resultate erzielt und zwar wurden dieselben angebahnt durch die vortrefflichen Untersuchungen Deville's und Debray's*), über die Platinmetalle. Den Genannten gelang es mittelst einer durch Sauerstoff angefachten Wasserstoffflamme in aus Aetzkalk geformten Schmelzgefäßen bedeutende Mengen Platin zu schmelzen. 55 Liter Sauerstoff und 110 Liter Wasserstoff waren ausreichend um mehr als 1 Kilo Platin in Fluß zu bringen. Somit war die Platinschmelzung und die Platingießerei in der Industrie eingeführt. Johnson, Mathey & Comp. in London gebührt das Verdienst, die Selbstlöthung des Platins und die Herstellung geschmolzener Barren zuerst in großartigem Maßstabe ausgeführt zu haben; gegenwärtig wird die Platinschmelzerei auch in Deutschland nämlich von Heräus in Hanau fabrikmäßig betrieben.

*) Dingl. pol. Journ. Bd. 154 S. 130, 199, 287, 383.

Seitdem ist man vielfach bestrebt gewesen, den Sauerstoff auch bei dem Schmelzen minder kostbarer Metalle zu verwenden, aber allerdings haben diese Bestrebungen zur Zeit das Stadium des Versuches noch nicht überschritten. Cameron*) empfiehlt Sauerstoff oder sauerstoffreiche Luft statt der gewöhnlichen Gebläseluft beim Betriebe der Eisenhohöfen zu benutzen und nach Kuppelwieser**) darf man sich von der Verwendung sauerstoffreicher Luft beim Bessemerprozeß sehr günstige Resultate versprechen. Der Preis des Sauerstoffs dürfte, bei der neuerdings erzielten, wesentlichen Verminderung der Productionskosten desselben, den Verwendungen dieser Art wohl auch kaum noch hinderlich sein; allein Schwierigkeiten anderer Art sind zu überwinden; insbesondere setzen die bei Anwendung des Sauerstoffs hervorzubringenden hohen Hitzegrade eine außerordentliche Feuerbeständigkeit der Schmelzapparate voraus und die Beschaffung eines zur Herstellung der letzteren geeigneten Materials ist gegenwärtig eine wichtige, wenngleich schwierige Aufgabe der Metallurgie geworden.

Noch möge hier erwähnt sein, daß die mit Sauerstoff oder sauerstoffreicher Luft angefachte Wasserstoff- oder Leuchtgasflamme (die sogenannte Knallgasflamme) vielleicht berufen ist, beim Löthen der verschiedenen Metalle eine wichtige Rolle zu spielen. Mit Bezug hierauf schreibt ein namhafter Metallurg Clemens Winkler***) wie folgt:

„Sollte es mit Hülfe der Knallgasflamme nicht gelingen, jedes Metall und jede Legirung mit sich selbst zu löthen, also Zinn mit Zinn, Kupfer mit Kupfer, Messing mit Messing, Silber mit Silber, Gold mit Gold, vielleicht sogar Eisen mit Eisen gerade so, wie man jetzt schon Blei mit Blei und Platin mit Platin löthet? Die Wahrscheinlichkeit hierzu ist vorhanden und die Vortheile, die ein derartiges Verfahren bieten würde, liegen auf der Hand. Man vergegenwärtige sich nur die Sauberkeit einer Werkstatt, in welcher statt wie bisher mit dem Kolben oder auf dem Schmiedeheerd mit dem leichten, zierlichen Gasbrenner gelöthet wird, der sich gleich einem

---

*) Berg- u. Hüttenmänn. Zeitung 1871 S. 132.
**) Berg- u. Hüttenmänn. Zeitung 1873 S. 354.
***) Deutsche Industriezeitung 1871 S. 182.

Bleistift in der Hand führen läßt; stelle sich vor, daß der Arbeiter unbelästigt durch strahlende Hitze, Kohlendunst und Dämpfe die erforderliche Wärmequelle bis zu den höchsten Graden hinauf jeden Augenblick durch das Drehen eines Hahnes erzeugen und verschwinden lassen kann; bedenke die Solidität der Löthung, welche nun nicht mehr auf einem Zusammenkleben mit Hülfe einer andern Substanz, sondern auf der thatsächlichen, innigsten Verschmelzung zweier Theile eines und desselben Metalls beruht, mit der größten Ersparniß an Material verbunden ist und jede Nacharbeit, wie z. B. Abfeilen der Löthstelle überflüssig macht. Solche in die Augen springende Vorzüge müssen jedes Vorurtheil zum Schweigen bringen und dringend zum Beginn eingehender, gründlicher Versuche über diesen Gegenstand mahnen."

Auf die Vortheile, welche die Verwendung des Sauerstoffs dem Beleuchtungswesen gebracht hat, ist in diesem Jahrbuche schon mehrfach hingewiesen worden. Das durch Erhitzen eines Kalkstiftes mittels der Knallgasflamme erzeugte Drummond'sche oder Hydrooxygengaslicht (Bd. IV S. 271 u. Bd. VII S. 287) hat sich bei Landesvermessungen, auf Leuchtthürmen, als optisches Signal, ferner zur Beleuchtung der Laterna magica, unter Umständen, z. B. bei Ausführung großer Bauten, selbst zur Beleuchtung ausgedehnter Plätze ganz vorzüglich bewährt. Allein trotz dem, daß man den ursprünglich verwendeten Kalkstift durch Magnesia- und Zirkonerdestifte ersetzte, haben alle Versuche, das Drummond'sche Licht zur öffentlichen Straßenbeleuchtung zu verwenden, theils wegen der Kosten, theils wegen der Grellheit des Lichtes zu keinem befriedigenden Resultate geführt.

Wohl zunächst um die durch das Drummond'sche Licht bedingte doppelte Rohrleitung zu umgehen, hat man Lampen construirt, in welchen eine brennbare Flüssigkeit unter Zuführung von Sauerstoff verbrannt wird, wobei man darauf fußt, daß brennbare Körper in einer Sauerstoffatmosphäre unter Entwicklung eines weit intensiveren Lichtes verbrennen als in atmosphärischer Luft. Hierher gehört die bereits (Bd. VII S. 292) erwähnte, mit naphtalinhaltigem Petroleum gespeiste Lampe von Philipps, welche das sogenannte Carboxygengaslicht liefert und zur Straßenbeleuchtung verwendet werden soll. Neuer-

dings sind zu diversen anderen Zwecken verschiedene Lampen construirt worden.

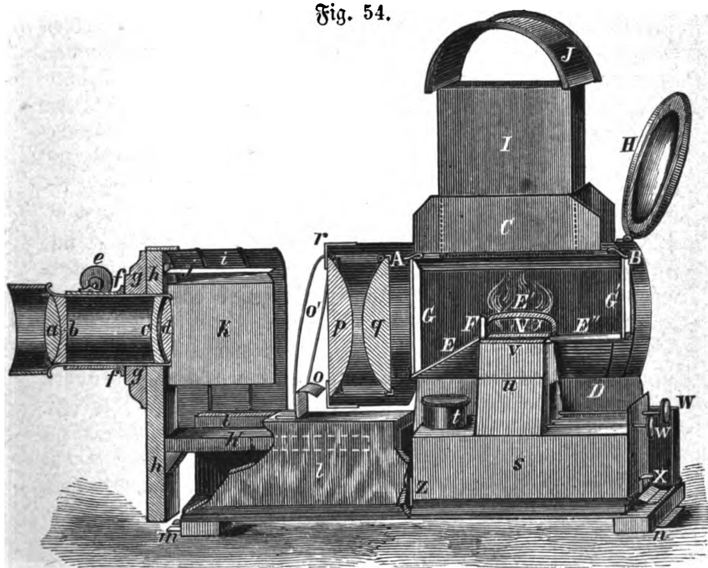
Das Olivin-Alkohol-Sauerstoff-Licht von L. Harnecker wird nach Dr. Stein*) durch eine eigenthümlich construirte Alkohollampe erzielt, deren Flammenkegel mittelst eines Stromes Sauerstoffgas auf einen Cylinder geblasen wird, welcher aus einem Gemisch von kohlensaurem Kalk, Magnesia und Olivin- (Chrysolith-) Pulver durch den Druck einer hydraulischen Presse gebildet ist. Dieses Gemisch geräth durch die mit Sauerstoff genährte Alkoholflamme in Weißgluth und verbreitet ein höchst intensives, optisch und chemisch wirksames Licht, das nach Stein sowohl zum Photographiren als besonders zum Beleuchten der Laterna magica geeignet ist. Speciell für photographische Zwecke hat in neuester Zeit van Tenac**) eine mit gewöhnlichem Oel zu speisende Moderateurlampe construirt, deren Brenner so eingerichtet ist, daß der Flamme ein Sauerstoffstrom zugeführt wird. Die Lampe wurde der pariser photographischen Gesellschaft in einer ihrer letzten Sitzungen vorgeführt und wenngleich das Licht derselben eine geringere Activität zeigte als das durch brennendes Magnesium erzeugte, so soll sich doch die in Rede stehende Beleuchtungsvorrichtung durch Gleichförmigkeit des Lichtes, Billigkeit und Leichtigkeit der Handhabung auszeichnen. Solche Lampen können zu speciellen, z. B. photographischen Zwecken, zur Beleuchtung der Laterna magica &c. ganz vorzügliche Dienste leisten; schwerlich werden sich aber jemals städtische Verwaltungsbehörden bereit finden lassen, auf die Vortheile der Gasbeleuchtung zu verzichten, um zur Lampe zurückzukehren; daher die auf dem in Rede stehenden Princip beruhenden Einrichtungen in der Straßenbeleuchtung kaum jemals eine Rolle spielen werden.

Bezüglich der Laterna magica sei übrigens bemerkt, daß man neuerdings mittelst derselben bei zweckmäßiger Construction auch ohne Verwendung von Sauerstoff sehr befriedigende Effecte erzielt hat. So bringen gegenwärtig R. Talbot in Berlin und Ed. Liesegang in Düsseldorf unter dem Namen „Scioptikon" und zu einem Preise von 120 bis 135 Mark

*) Polyt. Centralblatt. 1874 S. 982.
**) Photogr. Correspond. 1875. 18. und Chemisches Centralblatt 1875. 287.

eine mit einfachem Petroleumlicht beleuchtete, höchst praktische Laterna in den Handel, die hauptsächlich auf den Gebrauch beim Unterrichte berechnet ist und intensiv genug wirkt, um für ein Auditorium von 50 bis 70 Zuhörern auszureichen, wenn man nicht größere als etwa 1 ½ Meter breite Bilder verlangt. H. Vogel*) giebt an, daß er mittelst dieses Apparates sogar ein objectives Spectrum von 8 Zoll Länge in hinreichender Helligkeit herstellen konnte. Als Erfinder des Instruments wird L. Marcy in Neu-York genannt, der sich mehrere Jahre mit der Vervollkommnung der Laterna magica beschäftigt hat. Gute Gläser und eine eigenthümliche Combination von zwei breiten, gegeneinander geneigten Petroleumbrennern,

Fig. 54.



die als Lichtquelle dienen, sichern die befriedigende Wirkung des Scioptikons, dessen Construction aus der vorstehenden Abbildung (Fig. 54) und folgenden Beschreibung leicht zu ersehen ist.

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874. S. 1346.

Zur Linken befindet sich ein vergrößerndes Linsensystem, als welches ein photographisches Objectiv mit den Linsen a, b, c, d dient. Dieses sitzt an einem Blechkasten mit Holzfassung h, der ausgezogen werden kann. O ist ein Draht, der zum Halten des hölzernen Schiebers dient (in der Figur nicht angegeben), in welchen die Bilder eingeschoben werden. Diese werden mit Hülfe der Concentrationslinsen p q durch die dahinter befindliche Flamme kräftig erleuchtet. Die Linsen p q sitzen in einer Kapsel, die sich herausnehmen läßt; sie sind öfters mit weichem Leder zu reinigen. Hinter diesen Linsen befindet sich der Brennerkasten G G; derselbe endigt oben in einen Schornstein, der, wenn man starken Luftzug geben will, mehr ausgezogen werden kann. Bei G und G′ ist er mit Spiegelglasplatten verschlossen, die ein- und ausgehoben werden können. Diese Glasplatten müssen fest schließen, sonst raucht die Lampe. Die Lampe besteht aus dem Petroleumkasten S, der durch t gefüllt wird, und dem Dochthalter U V. Dieser führt zwei flache, gegen einander geneigte breite Dochte, welche mit Hülfe von W W gedreht werden. Die Lampe läßt sich leicht bei X ausheben und wieder einsetzen. Nach dem Einsetzen der Lampe schraubt man die Dochte mittels W W auf, hebt die hintere Glasplatte G aus, entzündet die Lampe mit Fidibus und setzt das Glas wieder ein. H ist ein Silberreflector, der das Licht der Lampe erheblich verstärkt.

Als Bilder dienen am besten Glasphotographien. Dergleichen, (sowohl Landschaften als auch Abbildungen von Pflanzen und Pflanzentheilen, anatomischen Präparaten 2c.) werden von den Genannten in einem Format von 100 × 85 Millimeter geliefert. Doch kann man nach H. Vogel (a. a. O.) auch auf Seidenpapier gedruckte Holzschnitte und Federzeichnungen sehr gut verwenden. Man gießt auf eine horizontale Glasplatte ein wenig photographischen Negativlack, legt den Holzschnitt unter Vermeidung von Luftblasen auf und läßt den Lack ablaufen, so erhält man ein transparentes Bild, welches durch nochmaliges Lackiren unter Anwärmen noch durchsichtiger wird. Diagramme, Tabellen 2c, welche durch den Apparat reproducirt werden sollen, kann man leicht herstellen, indem man eine Glasplatte mit einem schwach gefärbten Lack übergießt und die Diagramme 2c., mittelst einer feinen Nadel

in die erhärtete Lackschicht einreißt. Auch kann man mittelst des Scioptikons chemische und physikalische Experimente zeigen (Krystallisationen in Reagensröhren, die Bewegung der Multiplicatornadel, des Quecksilbers im Thermometer, die Luftblasen im Eise 2c.), wenn man an Stelle der Bilder die entsprechenden Instrumente einstellt. — Den Photographien kann man durch das Scioptikon sehr wohl eine etwa 25fache, den Diagrammen sogar die doppelte (Linear-) Vergrößerung zu Theil werden lassen, so daß man die allerdings intensiver wirkenden, unter Sauerstoffzufuhr zu erzeugenden Lichtquellen bei Beleuchtung der Laterna magica nur da in Anwendung zu bringen hat, wo es gilt sehr starke Vergrößerungen zu erzielen.

Um die Verwendung des Sauerstoffs bei der Straßenbeleuchtung nicht aufzugeben, versuchte Tessié du Motay gewöhnliches Leuchtgas dadurch zu carburiren, daß er es unmittelbar vor dem Eintritt in den Brenner durch ein mit flüchtigen, flüssigen Kohlenwasserstoffen gefülltes Gefäß passiren ließ und verbrannte dieses so carburirte Gas unter Zuführung von Sauerstoff. So wurden einige Zeitlang einige Boulevards in Paris beleuchtet; aber auch dieses Verfahren wurde verlassen; man suchte unmittelbar durch Destillation von Kohlen ein sehr kohlenstoffreiches Gas zu bereiten und dieses mit Hülfe von Sauerstoff zn verbrennen. In dieser neuen Form diente das Verfahren während der Wiener Ausstellung zur Beleuchtung des Kaiserin-Elisabeth-Westbahnhofs. Bezüglich des Ergebnisses äußert sich Oppenheim (a. a. O.) wie folgt:

„Einem ungedruckten Berichte, den Herr Karl Haase, Betriebsdirector der vierten Berliner Gasanstalt, der Direction des städtischen Erleuchtungswesens über diesen Versuch erstattete, dürfen wir folgende lebhafte Schilderung entnehmen."

„„Der Anblick der Parkanlagen des Elisabeth-Bahnhofes und der Bahnhofsabtheilungen, welche mit vereinigtem Steinkohlen- und Sauerstoffgas beleuchtet werden, ist höchst überraschend. Der Lichteffect, welchen die kleinen bläulichen Laternenflammen hervorbringen, ist ein ganz eigenthümlicher, mit dem keine andere Beleuchtungsart vergleichbar ist. Das Grün der Bäume und Sträucher erscheint lebhafter, die Farben der Anzüge sind glänzender und vor Allem erscheinen die Gesichter der

Personen klarer, überhaupt tritt jeder Farbenunterschied und jede Form fast so genau wie bei hellem Tageslicht hervor, und trotzdem wird das Auge in keiner Weise ermüdet. Dieser günstige Eindruck, welchen man zuerst in den Parkanlagen empfängt, wird noch gesteigert, wenn man in den sehr großen Wartesaal der II. Classe tritt und hier alle Gegenstände, selbst die geringsten Details der decorativen Ausschmückung bei den kleinen Flammen zweier nur mäßiger Kronleuchter, auf das Deutlichste hervortreten sieht.""

„„Den größten Eindruck in Bezug auf die Wirksamkeit empfängt man aber, wenn man in die Abfahrtshalle tritt. Hier hatte man, um den Unterschied recht hervor treten zu lassen, den dem Beobachter für gewöhnlich zugänglichen Perron, welchen das abfahrende Publicum benutzt, mit schwerem Gase unter Zuführung von Sauerstoff beleuchtet, jedoch nur halb soviel Flammen angezündet, als auf dem gegenüberliegenden Perron, wo das alte Gas unter Zuführung von Sauerstoff brannte. Trotz der doppelten Zahl der Flammen und trotz der guten Qualität des 24 Kerzen starken Leuchtgases erschien der nach der neuen Methode erleuchtete Raum unweit glänzender, ja man konnte sogar in dem letzteren den Schatten der Wandarme und selbst der rußenden Flamme auf der hellgestrichenen Wand wahrnehmen.""

„Trotz dieses günstigen Eindruckes erklärt jedoch der Bericht des Herrn Haase auf Grund sehr eingehender Betrachtungen das neue Doppelgas, welches in zwei Röhrenleitungen zugeführt wird, als ungeeignet für den allgemeinen Privatgebrauch, unter anderem aus folgenden Gründen. Der Vortheil seiner Helligkeit wird mehr als aufgewogen durch den Preis, der in Berlin, auf gleiche Leuchtkraft berechnet, das Doppelte des gewöhnlichen Gases betragen werde; der Consument werde nicht im Stande sein, die wechselnde Regulirung der Hähne richtig zu leiten; der Sauerstoff werde sich durch lange Röhrenleitungen verschlechtern; die Reparaturen der Doppelleitungen müßten bedeutend sein u. a. m. Nur für manche öffentliche Gebäude, für Modemagazine und einige andere Zwecke werde das neue Verfahren sich eignen; aber es werde unmöglich sein, für diesen beschränkten Zweck eine dreifache Röhrenleitung zu unterhalten. Diese Urtheile stehen diametral denen

von Schiele gegenüber, welcher das neue Beleuchtungsverfahren warm empfiehlt, aber sie stimmen sehr nahe überein mit denen, welche Le Blanc etwa ein Jahr früher in einem Bericht der städtischen Gasverwaltung von Paris gegenüber ausgesprochen hatte."

„Dieser Bericht ging aus ausführlichen Untersuchungen der Herren Péligot, Lamy, Troost, de Mondésir und Le Blanc hervor, welche der Seinepräfect im Jahre 1869 zu einer Commission vereinigt hatte. Die Commission kam zu der Entscheidung, der Municipalität von Paris abzurathen eine Sauerstoffröhrenleitung zu gestatten: es vielmehr der Gesellschaft zu überlassen, den verhältnißmäßigen wenigen Personen, welche ein intensives Licht bedürfen, Sauerstoff und kohlereiches Gas in transportablen Gasometern zu liefern." Zufolge einer Notiz Bode's*) ist die in Wien errichtete Sauerstofffabrik sowie die zur Beleuchtung unter Verwendung von Sauerstoff dienende Anlage auf dem Westbahnhofe daselbst gegenwärtig wieder beseitigt. Die in Brüssel erreichten Resultate stellten sich nicht günstiger. Die Sauerstoffbeleuchtung ward hier im letzten Jahre in einigen Kaffeehäusern sowie in der Passage St. Hubert kurze Zeit lang versucht und der angeführten Uebelstände wegen wieder verlassen. Hiernach dürfte äußerst wenig Aussicht vorhanden sein, daß es je gelingen werde, für die öffentliche städtische Beleuchtung durch die Verwendung von Sauerstoff wesentliche Vortheile zu erreichen. Dies erscheint bedauerlich, wenn man bedenkt, daß die vielfachen, auf die Beschaffung einer bequemen Methode der Sauerstoffbereitung gerichteten Bemühungen in der Hauptsache die Erreichung dieses Ziels im Auge hatten; und um so mehr ist zu wünschen, daß diese Bemühungen durch eine ausgedehnte Anwendung des Sauerstoffs in der Metallurgie eine Entschädigung finden mögen. Eine solche von etwaigen Verwendungen zu erwarten, die der Sauerstoff in anderen Zweigen der eigentlichen chemischen Technik noch erfahren kann, dürfte für die nächste Zukunft wenigstens ziemlich aussichtslos erscheinen. Zwar würde es sich für manche Fabrikation sehr zweckmäßig erweisen, wenn sie ohne Weiteres statt der atmosphärischen Luft mehr oder minder reinen Sauerstoff verwenden könnte; allein

*) Dingl. pol. Journ. 1874 Bd. 138, S. 454.

der Preis, den man für den letzteren zu zahlen im Stande sein würde, stellt sich immer weit niedriger heraus als derjenige, zu welchem selbst die in neuerer Zeit wesentlich vervollkommneten Darstellungsmethoden den Sauerstoff zu liefern vermögen. So weist Friedrich Bode in einer Abhandlung*), die er „eine Zukunftsbetrachtung für Schwefelsäurefabrikanten“ betitelt, auf die Vortheile hin, die es gewähren würde, wenn man bei der Schwefelsäurefabrikation den Schwefel oder die Kiese in Sauerstoff statt in atmosphärischer Luft verbrennen könnte. Offenbar würde man dadurch die Gase sehr wesentlich vermindern, die man durch die Bleikammern zu führen hat; denn gegenwärtig passiren pro je 1 Volumen verbrauchten oder nothwendigen Sauerstoff circa 4 Volumen Stickstoff die Kammern, was nicht ohne wesentlichen Nachtheil für die Fabrikation geschehen kann. Allein durch eine ausführliche Berechnung gelangt Bode zu dem Resultate, daß der Preis des noch 10 Procent Stickstoff enthaltenden Sauerstoffs (s. oben) auf circa 4 1/4 Pfennig pro Cubikmeter herabsinken müsse, ehe seine Anwendung in der Schwefelsäurefabrikation vortheilhaft erscheinen könne. Man wird daher noch Muße haben, zu erwägen, welchen Abänderungen der Apparat der Schwefelsäurefabriken bei Einführung der Sauerstoffbenutzung zu unterwerfen sein wird.

Ebenso wenig verspricht die noch zu erwähnende Verwendung des Sauerstoffs in der Medicin für die Sauerstoffindustrie von irgend erheblicher Bedeutung zu werden. Zwar erwartete man früher Großes von der therapeutischen Anwendung des Sauerstoffs, indem man verschiedene Krankheiten, wie Scorbut, auf einen Mangel desselben im Körper zurückführen zu müssen glaubte. Neuerdings sind indessen die medicinischen Autoritäten durch sorgfältige Beobachtungen zu der Ansicht gelangt, daß von der therapeutischen Anwendung des Sauerstoffs wenig zu hoffen sei. Man hat ihn bei Asphyxie und auch bei Krampfasthma mit Erfolg einathmen lassen, aber auch im letzteren Falle wirkt er nur als Palliativ und kann der Wiederkehr der Anfälle nicht vorbeugen. Noch sei erwähnt, daß Luftschifffahrer neuerdings sich mehrfach des Sauerstoffs bedienten um die Beschwerden zu überwinden, welche der Aufent-

*) Dingl. pol. Journ. 1874. Bd. 214, S. 453.

halt in bedeutenden Höhen infolge der dort statthabenden Verdünnung der Atmosphäre verursacht. Der amtliche Ausstellungsbericht theilt darüber folgendes mit: „Athemnoth und Erstickungsbeschwerden, wie sie bei einem Barometerstand von 300 bis 250 Mm. auftreten, wurden nach P. Bert durch einen Athemzug reinen Sauerstoffs sofort gehoben. Mit atmosphärischer Luft verdünnter Sauerstoff erwies sich noch vortheilhafter als das reine Gas und Crocé Spinelli und Sivel führten auf einer Luftschifffahrt, die sie am 22. März 1874 von Paris aus unternahmen, derartige Gemenge, welche 45 und 75 pCt. Sauerstoff, also 55 und 25 pCt. Stickstoff enthielten, mit sich. Sie vermochten mit Hilfe dieses Athemmittels in Höhen von mehr als 6000 Meter mit Muße und ohne körperliche Beschwerde werthvolle physikalische Beobachtungen anzustellen" (s. S. 258 u. f.).

Besonders energisch ist die physiologische Wirkung des stark ozonisirten Sauerstoffs, was schon daraus hervorgeht, daß kleine Thiere, welche man darin athmen läßt, in wenig Minuten sterben. Der ebengenannten Quelle ist zu entnehmen, daß nun neuerdings namentlich Lender für die medicinische Verwendung des Ozons und seine Wirksamkeit lebhaft eingetreten ist, indem er Ozoninhalationen und den fortgesetzten Gebrauch von Ozonwasser gegen Tuberculose, Asthma, Gicht 2c. empfiehlt. Auch ist von demselben für medicinische Zwecke eine Ozonindustrie ins Leben gerufen worden. Diese kündigt ohne die Methode der Bereitung und die Stärke der Ozonisation zu nennen durch die Berliner Firma Krebs, Kroll & Comp. Ozoninhalationen zu 60 Pfen. den Cubikfuß (20 Mark pro Cubikmeter) ozonisirten Sauerstoffs und Ozonwasser, je nach der Concentration (!) zu 1/2 bis 1 Mark die Flasche an.

Daß Ozon in geringer Menge im Wasser löslich ist, scheint nach den Untersuchungen von Em. Schöne*) kaum noch zweifelhaft. Eine andere Frage ist es, ob bei der vorhandenen Neigung des Ozons in gewöhnlichen Sauerstoff überzugehen, resp. andre Körper zu oxydiren, das Ozonwasser soweit haltbar ist, daß es mit wirklichem Ozongehalt in den Handel gebracht werden kann. In jedem Falle ist die Löslichkeit des Ozons im Wasser

*) Ber. d. deut. chem. Ges. Bd. VI. S. 1224.

eine sehr geringe; nach den Versuchen von Schöne wurden von 1 Liter Wasser im Maximum 18 bis 19 Milligr. (= 8 bis 9 Cubikcentimeter) aufgenommen; daher denn die physiologische Wirkung des käuflichen Ozonwassers vielfach angezweifelt wird. Ueberhaupt hat die Lender'sche Methode bisher unter den Aerzten äußerst wenig Beifall, dagegen viel lebhaften Widerspruch gefunden.

Von wie großer Wichtigkeit es für die Technik sein würde, wenn man im Stande wäre, Ozon in größerer Menge und auf wenig kostspielige Weise darzustellen, ist schon früher (Bd. I S. 267) dargelegt worden. Die Bemühungen, eine bequeme und im Großen ausführbare Darstellungsmethode des Ozons zu finden, haben daher nicht geruht, auch scheinen dieselben nicht ohne jeden Erfolg geblieben zu sein. Nach Beilstein*) hatte die Bleizuckerfabrik von Elb & Pfund in Blasewitz bei Dresden in Wien Aldehyd ausgestellt, welcher nicht unter Anwendung der gewöhnlichen Oxydationsmittel wie Braunstein, Chromsäure rc. sondern lediglich durch Oxydation mittels Ozons dargestellt worden sein soll; und Adolf Ott hat einen von Oscar Löw in Colorado construirten Apparat abgebildet und beschrieben**), mit Hilfe dessen es gelingen soll, behufs technischer Verwendung sehr große Mengen von Ozon zu erhalten. Der Apparat wird speciell zur Entfuselung von Whisky angewendet, soll indessen mit passenden Abänderungen auch zur Gewinnung von Aldehyd, zur Essigfabrikation und zu anderen Zwecken dienen können. Er basirt auf der Than'schen Beobachtung (Bd. VI S. 194 und Bd. VII S. 297), daß bei der Verbrennung wasserstoffhaltiger Substanzen, wie Leuchtgas, Ozonbildung stattfindet und ist construirt wie folgt:

Der zu entfuselnde Branntwein fließt durch ein Rohr in ein konisches Faß, in welchem er, zur Vergrößerung seiner Oberfläche über eine größere Anzahl eingelegter, abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen geneigter Glasplatten hinabfließt. Um das untere Ende des Fasses ist ein Gasrohr gelegt, in welches 24 bis 30 Bunsen'sche Gasbrenner ein-

---

*) Beilstein, chem. Großindustrie S. 22, und Dingl. pol. Journ. Bd. 211, S. 77.

**) Polytechn. Centralbl. 1874. S. 1216.

gesetzt sind. Etwa 25 bis 30 Millimeter über dem obern Rande eines jeden Brenners ist je ein Loch durch die Faßwand gebohrt, und im Niveau dieser Löcher ist um das Faß ein Luftzuführungsrohr gelegt, in welches kurze, horizontale Röhrchen radial, und zwar derartig eingesetzt sind, daß dieselben über die kleingehaltenen Flammen der Brenner hin und durch die in der Faßwand angebrachten Oeffnungen hindurch einen kräftigen Luftstrom blasen. Letzterer soll in Folge seines beträchtlichen Ozongehalts die im herabfließenden Branntwein enthaltenen Fuselöle mit großer Schnelligkeit oxydiren.

Endlich giebt auch die Elfenbeinbleiche*), wie sie seit etwa 1850 in der Meyer'schen Stockfabrik zu Hamburg und seitdem an verschiedenen Orten in ausgedehntem Betriebe steht, ein Beispiel der technischen Verwendung des Ozons. Das Elfenbein wird daselbst wochenlang unter Photogen, oder andere flüchtige Oele getaucht, und starkem Sonnenlicht und der Luft ausgesetzt; dabei wird die letztere durch die Berührung mit dem flüchtigen Oele ozonisirt und wirkt bleichend.

Wasserstoff.

Die Verwendungen, welche der Wasserstoff in der Technik erfährt, sind bekanntlich ziemlich mannigfaltige. Wegen seines geringen specifischen Gewichtes benutzt man ihn zum Füllen der Luftballons. Da er insbesondere im Entstehungszustande Neigung hat, sauerstoffhaltigen Körpern Sauerstoff zu entziehen und sich mit ungesättigten Verbindungen dierect zu verbinden, bedient man sich seiner in den chemischen Laboratorien häufig als Reductionsmittel und zur Darstellung wasserstoffreicher Verbindungen, so z. B. zur Abscheidung von Metallen aus Oxyden, zur Ueberführung von Aldehyden in Alkohole etc., auch beruht hierauf seine Verwendung bei der Fabrikation von Anilin aus Nitrobenzol ($C_6H_5NO_2 + H_6 = C_6H_7N + 2H_2O$). Endlich ist der Wasserstoff eine wichtige Quelle der Wärme- und Lichtentwicklung. Nur die Bedeutung des Wasserstoffs als Lichtquelle möge hier eine kurze Erörterung finden; leider ist

*) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung. Bd. III Abth. 1, S. 24.

dabei nicht sowohl über wichtige neue Entdeckungen zu referiren, als vielmehr zu constatiren, daß manche der Wege, die man behufs der Verwendung des Wasserstoffs im Beleuchtungswesen betreten, wegen Mangel an Erfolg verlassen und aufgegeben werden mußten.

Da die Wasserstoffflamme an sich nicht leuchtend ist, mußte sie auf irgend eine Weise leuchtend gemacht werden. Dies suchte Drummond dadurch zu erreichen, daß er in der durch Sauerstoff angefachten Wasserstoffflamme ein Kalkstück zum Glühen brachte und schuf so das schon oben (Seite 275) erwähnte Drummond'sche oder Hydro-Oxygengaslicht. Da sich indessen dasselbe für Straßenbeleuchtung nicht bewährte, mußte man sich, wenn man der Wasserstoffflamme eine allgemeinere Verwendung im Beleuchtungswesen sichern wollte, nach anderen Mitteln umsehen, dieselbe leuchtend zu machen und vor Allem eine im Großen ausführbare, billige Darstellungsmethode des Wasserstoffs schaffen. Nach Angaben von Bromeis*) war Donavan in Dublin der erste, welcher Wasserstoff in großartigerem Maßstabe dadurch darstellte, daß er Wasserdampf durch glühende Kohle zersetzte. ($C + H_2O = H_2 + CO$). Sein Verfahren wurde mehrfach modificirt, doch blieb die Reaction, auf der er fußte, immer die Basis der Darstellung des Wasserstoffs im Großen. Das dabei zunächst entstehende Gemenge von Wasserstoff und Kohlenoxydgas wurde „Wassergas“ genannt. Der beträchtliche Gehalt desselben an giftigen Kohlenoxydgas ließ anfänglich mit Recht die Anwendung des Wassergases bedenklich erscheinen; doch schwanden die Bedenken als es gelang, den Kohlenoxydgehalt desselben auf 5 bis 2½ pCt. dadurch zu vermindern, daß man Wasserdampf im Ueberschuß anwendete, beziehentlich das Gemisch von Wassergas mit überschüssigem Wasserdampf durch erhitzte Retorten oder Röhren streichen ließ, wobei der größere Theil des Kohlenoxyds durch den Wasserdampf unter abermaliger Bildung von Wasserstoff zu Kohlensäure oxydirt wurde ($CO + H_2O = CO_2 + H_2$). Die gebildete Kohlensäure ließ sich leicht durch Kalkmilch oder Natronlauge beseitigen. Fages gab dem zur Entwicklung des Wassergases dienendem Apparate eine sehr zweckmäßige Form,

*) Dingler's pol. Journ. Bd. 154, S. 34.

durch welche zugleich eine ziemlich vollständige Ueberführung des erst entstehenden Kohlenoxydgases in Kohlensäure in der angedeuteten Weise ermöglicht wurde. In Narbonne, einer etwa 12000 Einwohner zählenden Stadt des südlichen Frankreichs, in welcher Fages die Straßenbeleuchtung mittelst Wassergases einführte, konnten mittelst des von ihm construirten und „Gazogène" genannten Apparates täglich 1000 bis 1200 Cubikmeter gereinigtes Gas erzeugt werden und betrug der Aufwand an Steinkohle (für die Dampferzeugung), Kok (zur Zersetzung des Wasserdampfs) und Kalk (zur Reinigung) nicht mehr als 4 1/2 Centimes (d. i. weniger als 4 Pfennige) pro 1 Kubikmeter.*)

Tessié du Motay und Maréchall modificirten das Verfahren insofern, als sie in eisernen Retorten ein Gemenge von Kohle mit Kalkhydrat erhitzten und dadurch die unter Wasserstoffentwicklung vor sich gehende Zersetzung des Hydratwassers bewirkten ($C + CaO + 2H_2O = CaCO_3 + 2H_2$). Die Zersetzung erfolgte in etwa 15 Minuten, worauf der gebildete kohlensaure Kalk durch Einführen von Wasserdampf wieder in Kalkhydrat verwandelt wurde, welches letztere sofort aufs Neue zur Wasserstoffentwicklung dienen konnte. (Siehe Bd. VII S. 297).

Um nun das auf die eine oder die andere Weise gewonnene Wasserstoffgas leuchtend zu machen, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Gillard**), welcher nach Bromeis (a. a. O.) zuerst Wasserstoffgas allein zur Beleuchtung im Großen in Passy bei Paris anwendete, befestigte über dem Brenner ein aus 0,35 Millimeter dickem Platindraht hergestelltes, cylinderförmiges, korbähnliches Geflecht, einen sogenannten Platindocht von 18 bis 22 Millimeter Höhe, welcher von der aus 12 bis 20 ringförmig angeordneten Brenneröffnungen hervorgehenden Flamme umhüllt, und zum Weißglühen erhitzt ein sehr intensives Licht ausstrahlte. Das so erzeugte Licht nannte man Platingaslicht; es zeichnet sich nach Verver durch seine vollkommene Unbeweglichkeit aus; Zug-

*) Eine genaue mit Abbildung versehene Beschreibung des Apparates findet sich in Dingl. pol. Journ. Bd. 158, S. 259.
**) Dingl. pol. Journ. Bd. 116, S. 222.

gläser waren durch dasselbe entbehrlich gemacht. Die Leuchtkraft eines mit 16 Ausströmungsöffnungen versehenen Brenners fand Verver*) pro 100 Liter verzehrten Gases, 5,2 Wachskerzen entsprechend. Die Platindochte, die je nach den Dimensionen 1 bis 2 Francs kosteten, mußten, da sie unter dem Einfluße der hohen Temperatur allmälig brüchig wurden, etwa nach Jahresfrist erneuert werden, doch konnten die abgenutzten Exemplare zu etwa 3/4 Franc wieder verwerthet werden. Diese Beleuchtungsweise fand mehrfach Anklang; sie wurde von einigen großen Pariser Etablissements, so von der Fabrik galvonplastischer Silberwaaren von Christofle & Comp., ferner von der Stadt Narbonne zur Straßenbeleuchtung adoptirt, auch kam sie wenngleich nur versuchsweise und vorübergehend, in einigen Straßen in Paris und London zur Anwendung. Längere Zeit hörte man nichts mehr über dieselbe, was kürzlich Oppenheim**) veranlaßte, über die schließlich erzielten Erfolge von den betreffenden Stellen Erkundigungen einzuziehen. Er sagt:

„Die technische Literatur hat die Eigenthümlichkeit, daß sie wohl die Einführung neuer Methoden bekannt macht, uns über die Bewährung derselben aber meistentheils im Dunkeln läßt. Sie führt ziemlich vollständige Register über die Geburten, sehr unvollständige aber über die weiteren Lebensschicksale und über die Todesfälle von Erfindungen, und so sind wir auch über die bleibenden Erfolge der Wasserstoffbeleuchtung mit einer einzigen Ausnahme bisher ohne Nachricht geblieben. Nur über Versuche, welche die Stadt Elisabeth im Staate New-Jersey in America mit Wassergas anstellte, sind Resultate negativer Art veröffentlicht worden. Starke Abnutzung der Apparate, große Betriebskosten, unverhältnißmäßiger Consum an Brennmaterial haben die Methode daselbst scheitern lassen. Um so wünschenswerther schien es zu erfahren, wie sich dieselbe in Europa bewährt habe und hierauf gerichtete Bemühungen sind durch die Güte mehrerer Correspondenten nicht ohne Erfolg geblieben.“

Die Nachforschungen ergaben, daß die Platingasbeleuch-

*) Verver, l'éclairage au gaz à l'eau à Narbonne et l'éclairage au gaz Leprince. — Leide, A. W. Sythoff 1858.

**) Amtlicher Bericht über d. Wiener Weltausstellung Bd. III Abth. I S. 35.

tung in der galvanoplastischen Anstalt von Christofle & Comp. in Paris seit 1853, in der Stadt Narbonne seit 1865 aufgegeben und durch gewöhnliche Kohlengasbeleuchtung ersetzt worden ist. Sonach scheint erstere nirgends mehr in Betrieb zu sein.

Ein anderes Mittel, das man wählte, um die Flamme des Wassergases leuchtend zu machen, bestand darin, daß man ihm Kohlenwasserstoffe beimischte und dadurch ein sogenanntes „carburirtes" Wassergas herstellte. Dies wurde auf doppeltem Wege zu erreichen gesucht, nämlich:

1. dadurch, daß man das Wassergas durch flüssige aber leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe hindurch führte und so mit Dämpfen derselben sättigte. (Selligue's Patent vom 30. Juni 1834*).

2. dadurch, daß man das Gas durch eine Retorte hindurchführte, in welcher in gewöhnlicher Weise durch Erhitzen vergasbarer Materialien Leuchtgas erzeugt wurde (die Verfahren von White und von Leprince).

Da übrigens die zur Bereitung des carburirten Gases dienenden Apparate eine große Mannigfaltigkeit der Construction zulassen, so ist es leicht begreiflich, daß die Patentlisten aller Staaten eine sehr große Anzahl von Patenten nachweisen, welche die Carburation des Wassergases, beziehentlich die Construction sogenannter Carburateurs zum Gegenstande haben. Im 16. Jahrgang des Journals für Gasbeleuchtung (1873 S. 61 bis 64) findet sich ein mehrere Seiten einnehmendes Verzeichniß solcher Patente, welches keineswegs auf Vollständigkeit Anspruch macht und leicht um ein Beträchtliches vermehrt werden könnte. Selligue allein nahm im Laufe von circa 2 Jahren 8 diesen Gegenstand betreffende Patente. Man kann wohl dreist behaupten, daß nur ein kleiner Theil dieser Erfindungen sich wirklich Eingang in die Praxis zu verschaffen vermochte, keine scheint berufen sich eines dauernden Erfolges zu erfreuen. Folgende Betrachtungen dürften das begreiflich erscheinen lassen.

Suchen war uns zunächst zu veranschaulichen, warum trotz der vielfach patentirten Carburateurs das Princip der Carbu-

*) Journal f. Gasbeleuchtung 1859, S. 230.

ration mittelst der Dämpfe leicht flüchtiger Kohlenwasserstoffe niemals recht eigentlich zu praktischen Geltung gelangen konnte? Nicht die Apparate sondern die Materialien, die flüssigen Kohlenwasserstoffe, sind es, an deren Beschaffenheit die Carburation scheitert. Ohne Zweifel kann man die Flamme eines an sich mit nicht leuchtender Flamme brennenden Gases leuchtend machen und die Leuchtkraft eines an sich schwach leuchtenden Gases verdoppeln oder verdreifachen, dadurch daß man das Gas durch ein Gefäß führt, welches mit den flüchtigen Destillationsproducten des Petroleums, den flüchtigen Theerölen der Bogheadkohle oder ähnlichen Producten angefüllt ist, und giebt man daher noch heute bisweilen flüchtige Oele in die Gasuhr. Allein selbstverständlich ist man hierbei auf die Verwendung billiger Producte angewiesen und solche bestehen nie aus einer einzigen chemischen Verbindung, sondern sind stets Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe, die einen noch wesentlich verschiedenen Grad der Flüchtigkeit besitzen. Die Folge davon ist, daß solche Flüssigkeiten zwar während der ersten Periode ihrer Verwendung die Carburation in befriedigender Weise bewirken, bald aber und in dem Maaße, in welchem ihre flüchtigeren Bestandtheile entweichen, ihre Wirksamkeit verlieren. Ist die so herbeigeführte stete Veränderlichkeit der Leuchtkraft des carburirten Gases ein wesentlicher Uebelstand, so bietet die Nothwendigkeit, auf die Carburateurs öfters Oel nachfüllen zu müssen, eine Unannehmlichkeit dar, die bei dem meist üblen Geruch und bei der große Vorsicht gebietenden, leichten Entzündlichkeit der Oele gewiß keine unerhebliche ist. In jedem Falle nöthigen die letzteren Umstände dazu, den Caburateur von den beleuchteten Räumen fern zu halten. Dadurch werden wieder andere Uebelstände herbei geführt, denn in einer längeren Rohrleitung erleiden die Dämpfe der Kohlenwasserstoffe leicht wieder eine Verdichtung, insbesondere wenn, wie häufig der Fall, die gelieferten Oele den gewünschten Grad der Flüchtigkeit nicht besitzen. Dies führt natürlich zu Verstopfungen der Rohrleitungen und der Brenner und so kam es, daß das Publicum, durch die unausgesetzt erforderliche Sorgfalt im Reinhalten ermüdet, und durch den Effect der Beleuchtung unbefriedigt gelassen, diese Beleuchtungsmethode immer bald nach ihrer Einführung wieder verließ.

White*) erzeugte in London das Wassergas dadurch, daß er in stark erhitzten, vertical stehenden, mit Holzkohle und Brucheisen angefüllten Retorten von 7 Fuß Länge und 9 Zoll Durchmesser Wasser einfließen ließ und carburirte das hier entwickelte Gas, indem er es durch horizontalliegende ◠förmige Retorten von 6 Fuß Länge und 14 Zoll Durchmesser führte, in welchen Harz oder gewöhnliche Steinkohle oder Cannelkohle ꝛc. vergast wurde. Die Form der Retorten wurde später abgeändert. Leprince**) in Lüttich modificirte das White'sche Verfahren insofern als er die beiden Operationen der Wassergaserzeugung und Carburation in einer Retorte ausführte, welche jedoch durch zwei longitudinale Scheidewände in drei Räume von ungleicher Größe getheilt war. Ausdrücklich bemerkt sei, daß sowohl bei dem White'schen Verfahren als bei dem „System Leprince" zugleich mit dem Wassergase auch überschüssiger, unzersetzter Wasserdampf über die zu vergasenden Steinkohlen, Harze ꝛc. hinweggeführt wurde. Eine weitere Modification erfuhr das Verfahren unter anderen durch Schäffer und Walcker***), welche die Zersetzung des Wassers und Carburation des Gases in einem Raume vornahmen, indem sie in einer ungetheilten Retorte Steinkohlentheer, später auch Schieferkohle unter directer Einführung von Wasser vergasten. Hierdurch ward eigentlich nur ein schon längst in Anwendung gebrachtes Princip wieder aufgefrischt; denn bereits am 3. Juni 1823 nahmen W. Vere und H. S. Crane†) ein Patent auf ein Verfahren, Kohlen, Theer, Theeröl, animalische oder vegetabilische Oele unter Einführung eines Wasser- oder Dampfstrahls in die Retorte zu vergasen. Man rühmte diesen Prozessen, die man unter dem Namen „Hydrocarbonprozesse" zusammenfassen kann, nach, daß durch sie die Gasproduction aus einer gegebenen Gewichtsmenge Steinkohle oder anderen zu vergasenden Materials wesentlich gesteigert und die Leuchtkraft der ganzen aus einem gegebenen Gewicht Kohle resultirenden Gasmenge bedeutend erhöht, dagegen die Quantität des sich bildenden Theeres vermindert werde.

*) Dingl. pol. Journ. Bd. 122. S. 120.
**) Dingl. pol. Journ. Bd. 154. S. 44.
***) Journal für Gasbeleuchtung 1862 S. 63.
†) Journal für Gasbeleuchtung 1873 S. 61.

Das White'sche und das Leprince'sche Verfahren gelangten mehrfach zur practischen Ausführung; ersteres namentlich in England, letzteres in Belgien, so in der Simonis'schen Tuchfabrik in Verviers und auf der Zinkhütte der Gesellschaft Vieille-Montagne. In der Stadt Maastricht diente das nach Leprince'schem System bereitete Gas (gaz mixte Leprince) sogar zur öffentlichen Beleuchtung. Daher mögen die Vorgänge, welche bei den zwei zuletzt genannten, im Princip einander sehr nahe stehenden Gasbereitungsmethoden statt haben, noch kurz in Betracht gezogen werden.

Das White'sche Verfahren ist von Frankland*) das Leprince'sche von Verver**) einer genauen Prüfung und kritischen Beurtheilung unterworfen worden. Nach Frankland a. a. O. S. 360.) ist einer der wichtigsten beim White'schen Prozeß statthabenden Vorgänge das Verschwinden der unter den Wassergasen vorhandenen Kohlensäure während des Durchganges dieser Gase durch die mit Steinkohlen (oder Harz) beschickte Retorte. Dies Verschwinden ist so vollständig, daß das resultirende Gasgemenge in der That einen viel kleineren Procentgehalt an Kohlensäure besitzt, als das bei der Destillation der Steinkohle für sich gewonnene Gas. Hiernach ist man aller Mühe und Kosten überhoben, die sonst die Wegschaffung der Kohlensäure durch beliebige Reinigungsmethoden verursachen würde. Weiter geht aus Franklands Versuchen unzweifelhaft hervor, daß der Wasserdampf, welcher zugleich in reichlicher Menge in die mit Steinkohlen beschickte Retorte eintritt, erst hier und zwar durch die hier entwickelten Kohlenwasserstoffe eine Zersetzung erfährt. Frankland sagt (a. a. O. S. 363.): „Wie der Wasserdampf in Berührung mit Kohlenstoff seinen Sauerstoff auf dieses Element überträgt und Kohlenoxyd nebst einem gleichen Volumen Wasserstoff bildet, so veranlaßt er auch bei seiner Einwirkung auf eine Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff die Bildung von Kohlenoxyd; er setzt aber dabei zugleich nicht nur seinen eigenen Wasserstoff, sondern auch den des Kohlenwasserstoffs in Freiheit." Die Reaction des Wasserdampfes auf

*) Dingler's pol. Journ. Bd. 122, S. 121 und Bd. 125 S. 260 und 345.

**) B. Verver, l'éclairage au gaz à l'eau à Narbonne et l'éclairage au gaz Leprince. (Leiden, A. W. Sythoff 1858). Im Auszuge Dingler's pol. Journ. Bd. 154, S. 33.

Sumpfgas würde also nach folgender Gleichung verlaufen $CH_4 + H_2O = CO + H_6$. Daher kommt es, daß das entweichende Gasgemisch einen sehr hohen Gehalt an Wasserstoff und einen verhältnißmäßig geringen an Kohlenoxydgas besitzt, und somit beim Verbrennen die Zimmerluft weniger verdirbt und erhitzt. Man hat behauptet, daß der Wasserstoff des Wassergases mit den kohlenstoffhaltigen Substanzen, die in der mit Steinkohlen beschickten Retorte sich bilden, in Verbindung trete und somit Kohlenwasserstoffe von großer Leuchtkraft erzeuge. Frankland's Versuche liefern jedoch für diese Ansicht keine Begründung, sondern beweisen, daß gar kein Theil des Wasserstoffs vom Wassergas irgend eine chemische Verbindung eingeht. Wenn trotzdem die aus einem Centner Steinkohle unter Zufuhr von Wassergasen erzeugte Gasmenge mehr Licht entwickelt als das Gasquantum, welches bei Vergasung der gleichen Menge Steinkohlen ohne Zuführung von Wassergasen resultirt, so hat das nach Frankland hauptsächlich darin seinen Grund, daß das Wassergas sich in der Kohlenretorte mit verschiedenen Kohlenwasserstoffen sättigt, die außerdem mit dem Theer und dem Wasser in den Condensatoren zurückbleiben würden und daß es die durch die Zersetzung der Steinkohlen erzeugten permanenten Leuchtgase rasch aus der rothglühenden Retorte fortreißt und somit deren Zersetzung vorbeugt. Dies ist ein Vortheil, denn es ist bekannt, wie schnell das ölbildende Gas und alle Kohlenwasserstoffe in Kohle und Gase von geringer oder keiner Leuchtkraft zersetzt werden, wenn sie mit den Wänden einer rothglühenden Retorte in Berührung sind. Allein wenn hierin der Vortheil des Hydrocarbonprozesses beruht, so ist es begreiflich, daß letzterer seine practische Bedeutung bald verlieren mußte, denn es ist nicht minder bekannt, daß man jetzt allgemein durch Anwendung kräftiger Exhaustoren die rasche Entfernung der Gase aus der Retorte bewirkt und so die erwähnte Zersetzung der Leuchtgase in zweckmäßigerer und jedenfalls in billigerer Weise verhütet, als es durch Einführung der Wassergase geschieht; denn jedenfalls ist die Abnutzung der beim Hydrocarbonprozeß zur Anwendung kommenden Apparate eine sehr bedeutende; hoher Brennmaterialverbrauch und unbefriedigende Qualität der Koke ergaben sich als weitere Schattenseiten. Thatsache ist, daß das White'sche Verfahren ebenso wie das System Le-

prince sich fast nirgends lange behauptet hat; was neuerdings wieder durch die oben erwähnten Erörterungen Oppenheims constatirt worden ist, denn diese ergaben, daß nicht nur die Simonis'sche Tuchfabrik in Verviers und die Gesellschaft Vieille-Montagne sondern auch die Stadt Maastricht, letztere seit 1872, erstere schon früher das gas mixte Leprince beseitigt und durch gewöhnliches Steinkohlengas ersetzt hat. Nur im Cockerill'schen Etablissement in Seraing soll die Anwendung des Wassergases noch fortbestehen.

In neuester Zeit hat H. Hirzel einen Apparat, den er „Gasvermehrer" nennt, sich patentiren lassen und beschrieben*). Dieser Apparat ist dazu bestimmt mit dem früher von ihm construirten (s. Bd. II S. 252 und Bd. IV S. 330) oder auch mit irgend einem anderen Petroleum- oder Oelgasapparat combinirt zur Anwendung zu kommen. Er besteht aus einem mit haselnußgroßen Kokestücken oder mit einem Gemisch von Eisendrehspähnen und Kokestücken angefüllten geraden Rohre, welches gleiche Länge hat wie die Gasretorte und parallel laufend mit der Retorte in die nämliche Feuerung mit eingemauert ist, also wie die Retorte behufs der Gasbereitung zum Rothglühen erhitzt wird. Dieses Rohr, dessen Enden übrigens wie die der Retorte aus der Vorder- und Hinterwand des Ofens hervorragen, communicirt durch eine Röhre mit der Retorte und trägt eine zweite Röhre, durch welche man tropfenweise (in der Minute etwa 40 bis 150 Tropfen) Wasser in den Apparat einfließen läßt. Dies Wasser wird natürlich in dem rothglühenden Gasvermehrer unter Bildung von Wasserstoff zersetzt; letzterer tritt in die Retorte, mischt sich hier mit den Dämpfen des einfließenden, zur Vergasung bestimmten Oels und soll mit den Zersetzungsproducten desselben derartig in chemische Verbindung treten, daß namentlich derjenige Kohlenstoff, welcher sich ohne Anwendung des Gasvermehrers als Kok, Ruß, Pech oder überdestillirendes theerartiges Product abscheiden würde, in Leuchtgas von hoher Leuchtkraft und andere werthvolle wasserstoffreichere Producte übergeführt wird. Offenbar steht diese Voraussetzung mit den oben mitgetheilten Frankland'schen Beobachtungen in directem Widerspruch. Die

*) Deutsche Industriezeitung 1875 S. 173.

Entscheidung muß weiteren Beobachtungen vorbehalten bleiben. Dabei läßt sich die Aehnlichkeit des Hirzel'schen Verfahrens einerseits und des White'schen und Leprince'schen andrerseits nicht verkennen; ein Unterschied besteht, abgesehen von der Form des Apparates, allerdings darin, daß bei letzterem zugleich mit dem Wasserstoff viel Wasserdampf in die Retorte gelangt. Uebrigens gestattet eine einfache Vorrichtung des Hirzel'schen Apparates, das durch den Wasserdampf oxydirte Eisen von Zeit zu Zeit mittelst des erzeugten Gases wieder zu reduciren.

Ganz auf denselben Voraussetzungen basirend wie Hirzel haben sich in letzter Zeit F. Küchler u. Comp.*) eine Retorte patentiren lassen, welche durch eine horizontale Längsscheidewand in zwei mit einander communicirende Abtheilungen getheilt ist. Die untere derselben verrichtet genau dieselben Functionen, wie der Hirzel'sche Gasvermehrer. Die Zukunft wird lehren, ob diese neueren Versuche, das Wasserstoffgas im Beleuchtungswesen nutzbar zu machen, sich eines dauernderen Erfolges zu erfreuen haben, wie die früheren.

Chlor.

Welche Methode der Chlorentwicklung ist bei Massenproduktion die vortheilhafteste? Diese Frage ist im Laufe der letzten Jahre mit außerordentlicher Lebhaftigkeit discutirt worden. In der That, seit einer Reihe von Jahren nennt fast jeder Band dieses Jahrbuchs die Namen Weldon und Deacon als die der Begründer und Vertreter zweier Fabricationsmethoden des Chlors, die sich lange den Rang streitig zu machen suchten.

Bekanntlich gewinnt man nach Weldon's Prozeß Chlor, indem man eine Verbindung von Mangansuperoxyd und Kalk (Calciummanganit = CaO, MnO_2) in Salzsäure löst. Dasselbe löst sich unter Chlorentwicklung ($CaO\,MnO_2 + 6\,HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + 3\,H_2O + Cl_2$) und aus der Lösung schlägt man durch Zusatz von Kalk und Einleitung von Luft das Calciummanganit wieder nieder, von welchem man ausgegangen war, und welches sofort wieder verwendbar ist (Bd. IV, S. 290; Bd. VI, S. 196; Bd. VIII, S. 257; Bd. X, S. 221). Nach Deacon's Prozeß stellt man das Chlor dadurch dar, daß

*) Deutsche Industriezeitung 1875. S. 152.

man Salzsäuregas durch atmosphärische Luft zersetzt, indem man ein Gemenge beider über erwärmte, mit Kupfervitriol imprägnirte Ziegel- oder Thonkugeln leitet ($2\,HCl + O + N_4 = Cl_2 + N_4 + H_2O$). Der gebildete Wasserdampf verdichtet sich zu Wasser und ein Gemenge von Chlor und Stickstoff entweicht. (Bd. VII, S. 299; Bd. VIII, S. 257; Bd. IX, S. 237; Bd. X, S. 225.)

Theoretisch erscheint Deacon's Verfahren als das vollkommenere, denn es verwendet unmittelbar das aus den Sulfatöfen hervorgehende Salzsäuregas und der Theorie nach wird sämmtliches in der Salzsäure enthaltene Chlor in Form freien Chlors erhalten, wogegen Weldon's Prozeß eine Absorption der von den Sulfatöfen kommenden, gasförmigen Salzsäure durch Wasser voraussetzt und beim Auflösen des Calciummanganits in Salzsäure (siehe obige Gleichung) nur ein Drittel der verwendeten Salzsäure in freies Chlor überführt, während die anderen zwei Drittel zunächst zur Bildung von Chlorcalcium und Manganchlorür dienen und schließlich nach der Ausfällung des regenerirten Calciummanganits in eine werthlose Chlorcalciumlauge übergehen, die man Preis giebt. Allein das nach Deacon erhaltene Chlor ist durch Stickstoff und in Ueberschuß verwendete Luft so verdünnt, daß bei Verwendung desselben zur Chlorkalkfabrikation nach Hasenclever*) behufs der Erzielung einer vollständigen Absorption die mit Kalk beschickten Flächenräume circa 6 mal so groß genommen werden müssen, als bei der gewöhnlichen Chlorkalkfabrication. Uebrigens geht bei Deacon's Verfahren**) ein kleiner Theil der verwendeten Salzsäure aus bisher nicht klar gelegten Ursachen verloren. Weiter hört nach Lunge die Wirkung der mit Kupfervitriol getränkten Thonkugeln allmälig auf und endlich erfordert Deacon's Prozeß nach Hasenclever (a. a. O.) eine sehr sorgfältige Montirung, Instandhaltung und Führung der Apparate, wogegen Weldon's Verfahren sich ohne besondere Schwierigkeiten und ohne besondere Beaufsichtung ausführen läßt, was für die meist in außerordentlich großem Maaßstabe betriebene Fabrication von hoher Wichtigkeit ist. Uebrigens erfordert der zur Ausführung des Deacon-schen Prozesses nothwendige Apparat ein weit größeres Anlage-

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1874. S. 2.

**) Polyt. Centralbl. 1874. S. 1180.

kapital als Weldon's Apparat. Daher entscheidet das Urtheil der Fabrikanten mehr und mehr zu Gunsten des Weldon'schen Verfahrens. Die von Lunge*) mitgetheilten statistischen Notizen scheinen hierüber einen Zweifel nicht mehr zu gestatten, denn zufolge derselben sind die Quantitäten des im vergangenen Jahre in England fabricirten Chlorkalks und chlorsauren Kalis (letzteres = 7 Chlorkalk angenommen) folgende:

Mit Braunstein in alter Weise gemacht	10,000 Tonnen à 20 Ctnr.
In St. Rollox gemacht (meist nach Dunlop	10,000 „
nach Deacon	5,000 „
nach Weldon	60,000 „
	85,000 Tonnen
	= 1700000 Ctnr.

In England sind 12 Fabriken (nach anderen Angaben 13) nach Deacon gebaut worden, davon sind 7 schon wieder ganz außer Betrieb, die übrigen befanden sich in ganz lückenhaftem Betriebe. Sieben Fabriken haben das Weldon'sche Verfahren wieder eingeführt. Außerhalb England's existiren nur 2 Fabriken nach Deacon, beide in Deutschland (Rhenania und Kunheim) und erst seit Kurzem in Betrieb. Nach Weldon existiren in England:

in Betrieb	32	Fabriken	mit	54	Oxydationsthürmen
in Bau	15	„	„	23	„
	47	„	„	77	„

diese sollen 80,000 Tonnen = 80 Millionen Kilo per Jahr produciren, besitzen aber eine Capacität von 150,000 Tonnen. Projectirt sind in England weitere 8 bis 9 Fabriken. In Belgien und Frankreich haben mehrere Fabriken das Weldon'sche Verfahren adoptirt und in Deutschland wird dasselbe seit mehreren Jahren von der chemischen Fabrik Silesia in Saarau mit günstigem Erfolge betrieben.

Gewiß ist Deacon's Prozeß ebenso wie der Weldon'sche in der Ausführung noch der Vervollkommnung fähig, und weder

---

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1874. S. 1527.

Deacon noch Weldon läßt es an Rührigkeit und Eifer fehlen, um in dieser Beziehung das Mögliche zu erreichen.

In der Specification eines Patentes, welches Deacon*) am 11. Februar 1873 nahm, wird vorgeschlagen, die Ziegel behufs der Umsetzung des Gemisches von Salzsäure und Luft nicht blos mit Kupfervitriollösung, sondern mit einer Lösung von äquivalenten Mengen Kupfervitriol und Glaubersalz zu tränken. Ohne Zweifel beabsichtigt man dadurch der Wirksamkeit der imprägnirten Ziegel eine größere Dauer zu verleihen, doch wird nach Lunge auch hierdurch der Zweck in befriedigender Weise nicht erreicht.

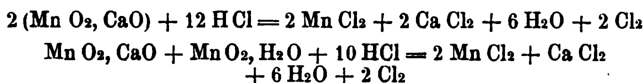
Der schwächste Punkt bei Weldon's Prozeß liegt ohne Zweifel in dem Umstande, daß ein wesentlicher Theil der zum Lösen des Calciummanganits verwendeten Salzsäure in werthloses Chlorcalcium übergeführt wird, und somit verloren geht. Um diese Verluste an Salzsäure zu beseitigen, hat nun zwar Weldon ein neues, im vorigen Jahrgange (Bd. X, S. 222) beschriebenes Verfahren in Vorschlag gebracht, bei welchem statt Kalk Magnesia angewendet und die Salzsäure durch Calciniren des Chlormagnesiums wieder gewonnen wird; auch ist nach Lunge**) dieses Verfahren probeweise in einer Fabrik wirklich zur Ausführung gebracht und sind mittels desselben gegen 100 Tonnen Chlorkalk fabricirt worden; allein seitdem die Furcht vor Deacon's Concurrenz geschwunden ist, erwartet man nicht mehr, dasselbe alsbald weiter praktisch durchgeführt zu sehen. Der im erwähnten Falle verwendete Apparat zeigte noch verschiedene Fehler, welche unbedingt zu einer Reconstruction wichtiger Theile führen mußten; man zog daher vor, statt dessen einen gewöhnlichen Apparat nach Weldon's Kalkverfahren zu bauen.

Doch ist es gelungen, auch bei Beibehaltung des Weldonschen Kalkverfahrens den Salzsäureverbrauch zu vermindern. Die Erfahrung hat gelehrt, daß unter Umständen statt des entsprechend der Formel $Mn\,O_2, CaO$ zusammengesetzten Calciummanganits Producte von höherem Gehalte an Mangansuperoxyd erhalten werden können, in welchen man eine Verbindung etwa von der Formel $Mn\,O_2\,CaO + Mn\,O_2\,H_2\,O$ als vorhanden

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1874. S. 1552.

**) Dinglers pol. Journ. Bd. 215, S. 1552.

annehmen kann. Selbstverständlich entwickelt diese Verbindung aus der zur Lösung erforderlichen Menge Salzsäure mehr Chlor als das Calciummanganit $Mn\,O_2\,CaO$, wie sich aus folgenden, den Vorgang beim Lösen ausdrückenden Gleichungen ergiebt:



$$2\,(Mn\,O_2, CaO) + 12\,H\,Cl = 2\,Mn\,Cl_2 + 2\,Ca\,Cl_2 + 6\,H_2O + 2\,Cl_2$$

$$Mn\,O_2, CaO + Mn\,O_2, H_2O + 10\,HCl = 2\,Mn\,Cl_2 + Ca\,Cl_2 + 6\,H_2O + 2\,Cl_2$$

Im ersteren Falle sind 12, im letzteren nur 10 Mol. HCl erforderlich, um 2 Mol. Chlor (4 At.) frei zu machen. Offenbar liegt die Ursache des im letzteren Falle stattfindenden geringeren Salzsäureverbrauchs in dem geringeren Gehalte des verwendeten Products an „Basis". Um nun den Gehalt des regenerirten Products an Basis auf ein Minimum zu reduciren verfährt man nach neueren Mittheilungen von Lunge (a. a. O.) wie folgt:

Nachdem die aus den Chlorentwicklungsapparaten abgelassene Flüssigkeit in bekannter Weise mit kohlensaurem Kalk neutralisirt und geklärt worden ist, wird sie in den Oxydationsthurm gebracht. Ihr Gehalt an Mangan ist ein solcher, daß sie bei vollständiger Oxydation etwa 50 Gramm Mangansuperoxyd pro Liter geben würde. Man erwärmt sie durch Einblasen von Dampf auf etwa 55° C. und läßt aus einem graduirten Gefäß Kalkmilch so lange einfließen, bis eben alles Mangan ausgefällt ist. Dieser Punkt muß genau beobachtet werden; man erkennt ihn durch häufiges Probenehmen und Prüfen, ob die filtrirten Proben beim Versetzen mit concentrirter Chlorkalklösung noch Mangansuperoxyd abscheiden, beziehentlich rothes Lackmuspapier schon bläuen. Man liest nun die Menge der verbrauchten Maaßeinheiten von Kalkmilch ab und läßt dann noch ein Viertel bis ein Drittel der anfangs verbrauchten Menge zulaufen. Unmittelbar nach diesem zweiten Kalkzusatz setzt man die Gebläse mit voller Kraft in Thätigkeit und führt den Luftstrom so lange durch die Lauge bis eine Vermehrung des sich bildenden $Mn\,O_2$ nicht mehr Statt hat; hierzu sind meist 3 bis 4 Stunden erforderlich. Läßt man das Gebläse zu spät an, so entsteht leicht eine sogenannte „steife" Charge, d. h. die Lauge nimmt die Consistenz eines steifen Breies an, durch welchen die Gebläse keine Luft mehr

hindurch pressen können; während im entgegengesetzten Falle, wenn man die Gebläse in Thätigkeit setzt, bevor die nöthige Kalkmenge in der Flüssigkeit ist, leicht die sogenannte „rothe“ Charge entsteht. In diesem Falle nimmt die Masse nicht eine schwarze, sondern braunrothe Färbung an, was daher rührt, daß das Mangan nur zu Mn_3O_4 statt zu MnO_2 oxydirt wird. Beide Fehler hat man zu vermeiden. Wenn der Gehalt an MnO_2 in der Mischung nicht mehr zunimmt, so beginnt nun jene Operation, durch welche man den Gehalt des Niederschlages an Basis auf ein Minimum zu reduciren sucht. Man läßt nämlich, während man die Gebläse fortwährend in Thätigkeit erhält, zu der Masse nach und nach in kleinen Portionen frische Manganchlorürlösung zu, welche man „Beendigungslauge“ nennt. Wenige Minuten nach jedem Zusatz pflegt der Mangangehalt der zugesetzten Lauge niedergeschlagen zu sein; und eine äquivalente Menge Kalk ist an seine Stelle aus dem Niederschlag in die Lösung übergegangen. Auch der Gehalt des Niederschlags an Mangansuperoxyd nimmt während dieser Schlußperiode noch zu. Letztere nimmt etwa 1½ Stunden Zeit in Anspruch, so daß der ganze Oxydationsprozeß etwa 4½ bis 5½ Stunden erfordert. Die Gesammtmenge der zuzusetzenden Beendigungslauge beträgt bei normaler Arbeit nur etwa 2 Procent von der ursprünglich in Anwendung gebrachten Manganlauge. Nach Beendigung der Schlußoperation ist nur noch der Niederschlag von der überstehenden Chlorcalciumlösung zu trennen, was in der früher beschriebenen Weise durch Absetzenlassen und Decantiren geschieht. Bei guter Leitung dieses Regenerationsprozesses gelingt es, eine Tonne = 20 Centner 35procentigen Chlorkalkes (welcher beim Verpacken 36 bis 37 Proc. zeigen muß) unter Verbrauch von nicht mehr als 56½ bis 58 Centner Kochsalz (von 93 Proc. Chlornatriumgehalt) zu produciren. Wenn manche Fabrik mehr Kochsalz verbraucht, so liegt es meist an der Unvollkommenheit der zur Condensation der Salzsäure dienenden Apparate. Als wesentliche Bedingungen eines guten Gelingens der Arbeit bezeichnet Lunge noch die Anwendung eines von Magnesia freien Kalkes (der Magnesiagehalt desselben soll in keinem Falle über 1 Proc. betragen) und das Vorhandensein sehr kräftig wirkender Gebläsemaschinen, da längere Anwendung eines minder kräftigen

Luftstromes den kräftigen Strom nicht ersetzt. Die Construction solcher Maschinen für den Weldon-Prozeß ist die Specialität einiger englischen Maschinenfabriken.

Einige der Fabrikation von Salzsäure betreffende Mittheilungen werden unten bei Besprechung der Sodafabrikation folgen.

Brom.

Als vor weniger denn fünfzig Jahren (1826) Balard in den Mutterlaugen des eingedampften Meerwassers das Brom entdeckte, ahnte man wohl nicht, daß dasselbe schon nach Verlauf weniger Decennien den Grad der Bedeutung erlangen würde, den es gegenwärtig durch seine Anwendung in der Medicin, der Photographie und der wissenschaftlichen Chemie bereits erreicht hat. Während der ersten Jahrzehnte nach seiner Entdeckung stand die Schwierigkeit, größere Mengen desselben zu beschaffen, seiner allgemeineren Verwendung hindernd im Wege; denn so lange man bezüglich seiner Gewinnung auf die Mutterlaugen des Meerwassers oder einiger Salzsoolen (Kreuznach, Schönebeck) und auf die bei der Jodgewinnung aus Varecsoda abfallenden Flüssigkeiten angewiesen war, behauptete es einen sehr hohen Preis. Dies hat sich geändert. In Nordamerika haben sich reiche Quellen für die Gewinnung des Broms erschlossen und überdies sind die Kalisalzlager zu Staßfurt zu einer unerschöpflich scheinenden Fundgrube desselben geworden. Schon in einem früheren Jahrgange dieses Jahrbuchs (Bd. II. S. 227) wurde angedeutet, daß die bei der Verarbeitung der Staßfurter Kalisalze auf Chlorkalium übrig bleibende letzte Mutterlauge zur Darstellung von Brom benutzt werden könne. Diese, eine concentrirte Lösung von Chlormagnesium darstellende, aber etwas Brommagnesium enthaltende Mutterlauge erscheint an sich so werthlos, daß man lange Zeit von einer Verwerthung derselben ganz absah und sie wegfließen ließ. Im Jahre 1865 begann indessen A. Frank den Bromgehalt derselben auszubeuten und da die Staßfurter Kalisalzindustrie damals unter dem Drucke einer durch die massenhafte Concurrenz herbeigeführten Krisis lahmte, fand sein Beispiel rasch Nachahmung, so daß sich die Bromgewinnung in Staßfurt rasch zu einem bedeutenden Industriezweig

emporschwang. Nach E. Mylius*) producirte Staßfurt im Jahre 1873 20,000 Kilo d. i. etwa so viel, als England und Frankreich zusammen. Nach Wagner**) beläuft sich die gesammte Bromproduction gegenwärtig (1875) auf ca. 122,500 Kilo, davon kommen

auf	Deutschland	50,000 Kilo,
„	Frankreich	15,000 „
„	England	5,000 „
„	Nordamerika	50,000 „

Dabei ist einer weiteren Ausdehnung der Bromproduction in Staßfurt nur durch den gegenwärtig gedrückten Preis des Broms eine Grenze gesetzt, da letzterer durch die Herstellungskosten ziemlich erreicht wird. Daher war man in neuerer Zeit vielfach bemüht, neue Verwendungen für das Brom womöglich in der Großindustrie zu suchen, und so neue Absatzwege für dasselbe zu schaffen. Dabei richtete man seine Aufmerksamkeit insbesondere auf die Theerfarbenindustrie, wo man es dem hier vielfach verwendeten, theuereren Jod substituiren zu können glaubte. Diese Bestrebungen blieben nicht ganz ohne Erfolg, denn nach Mylius bezieht die tinktoriale Industrie in Huddersfield und in Barmen unausgesetzt große Quantitäten Brom von Staßfurt. Allein man stieß auf Schwierigkeiten. Bekanntlich bedient man sich bei der Theerfarbenfabrikation (siehe Bd. II. S. 319 u. Bd. VI. S. 389) hauptsächlich des Jodmethyls und Jodäthyls um mit Hülfe derselben die Methylirung resp. die Aethylirung des Rosanilins und anderer Producte zu bewirken. Die Versuche nun statt dieser Jodverbindungen die entsprechenden Bromverbindungen zu verwenden, scheiterten zunächst an der große Verluste herbeiführenden Flüchtigkeit der letzteren, denn Brommethyl ist eine bei 13° C. und Bromäthyl eine bei 40° C siedende Flüssigkeit, während Jodmethyl und Jodäthyl resp. bei 44 und 72° C. sieden. Nun empfahl zwar A. W. Hofmann***) zur Umgehung der hier sich bietenden Schwierigkeit, das leicht darstellbare und bei 120° C. siedende Bromamyl zugleich mit Methyl- resp. Aethylalkohol im

---

*) Amtl. Ber. über d. Wiener Weltausst. Bd. III. Abth. I. S. 129.
**) Wagner, Jahresbericht 1874. S. 366.
***) Ber. d. d. chem. Ges. 1869. S. 441.

Autoclaven auf die zu methylirenden und äthylirenden Basen einwirken zu lassen. In einer ersten Phase der Reaction entstehen dann unter Rückbildung von Amylalkohol Brommethyl und Bromäthyl ($C_5 H_{11} Br + CH_3, HO = C_5 H_{11}, HO + CH_3 Br$), welche die Methylirung und Aethylirung fast ebensogut besorgen, wie reines Brommethyl und Bromäthyl. Allein trotzdem gelang es bis jetzt nicht, das Brom auf diesem Gebiete in wirksame Concurrenz mit dem Jod treten zu lassen, da einerseits die Reactionen bei Anwendung der Bromüre weniger nett und vollständig verlaufen, als bei Anwendung der Jodüre, da andererseits das Brom infolge seiner größeren Flüchtigkeit nicht so vollkommen wieder gewonnen werden kann wie das Jod, und da endlich die unter Anwendung der Bromüre gewonnenen Farben nicht den Grad der Lebhaftigkeit und des Glanzes besitzen sollen, welcher die mit Hülfe der Jodüre dargestellten Farben characterisirt. Nichts desto weniger hat man die Hoffnung, das Brom in der Farbenindustrie noch eine wichtige Rolle spielen zu sehen, nicht aufgegeben, und vielleicht werden beharrliche Bemühungen auch hier zum Ziele führen.

Ueber die Methode, deren sich A. Frank in Staßfurt und Leopoldshall bei der Fabrikation des Broms bedient, hat neuerdings A. W. Hofmann*) einen sehr ausführlichen Bericht erstattet. Ein kurzer Auszug aus demselben möge hier folgen:

In der oben erwähnten, Brommagnesium enthaltenden Chlormagnesiumlauge wird zunächst durch Eindampfen und Auskrystallisirenlassen von Chlormagnesium ($MgCl_2 + 6 H_2 O$) der Bromgehalt bis zu einer Höhe von 0,3 bis 0,5 Proc. angereichert, worauf die Lauge der Destillation mit Braunstein und Schwefelsäure unterworfen wird. Die Destillation geschieht in großen, durchschnittlich 3 Cubikmeter fassenden würfelförmigen Steingefäßen, welche für den Fall des Springens mit Eisenstäben umgürtet sind. In einiger Entfernung von dem Boden ist eine durchlöcherte Platte von demselben Steine eingefügt, auf welcher der Braunstein in nußgroßen Stücken aufgeschichtet wird. Die Steinkufe ist durch eine wuchtige Platte

*) Amtl. Ber. über die Wiener Weltausst. Bd. III. Abth 1. S. 132.

bedeckt, welche durch ihr eigenes Gewicht schließt, übrigens durch aufgelegte Gewichte noch beschwert werden kann; überdies sind die Fugen mit plastischem Thon verstrichen. Ein mit Gegengewicht versehenes, über eine Rolle geschlungenes Seil gestattet die Platte zu heben, was übrigens nur dann geschieht, wenn der Apparat von Neuem mit Braunstein gefüllt werden soll. In der Platte sitzt ein dickes Steinzeugrohr für die Einführung von Wasserdampf; sie ist überdies mit einem Mannloch, sowie mit einer Oeffnung zum Eingießen der bromhaltigen Lauge und der verdünnten Schwefelsäure versehen und hat ferner eine Oeffnung, durch welche die in Freiheit gesetzten Bromdämpfe entweichen können. In letztere ist ein Bleirohr eingesetzt. Nur wenige Steine eignen sich für die Construction dieser Destillirgefäße, da die meisten nach einiger Zeit die Chlormagnesiumlauge durchsickern lassen. Neuerdings hat man in der Nähe der Porta Westphalica einen sich gut qualificirenden Stein gefunden, doch veranlaßt der hohe Preis desselben, sich nach anderem Materiale umzusehen. Die bromhaltigen Laugen befinden sich in einem großen, über den Destillirgefäßen gelegenen Reservoir, in welchem sie durch eine Dampfspirale vorgewärmt werden können.

Soll die Arbeit beginnen, so trägt man zunächst etwa 4 Centner eines mittelharten Braunsteins in den Apparat ein, welche Quantität für eine ganze Reihe von Operationen ausreicht. Die übrige Beschickung mit bromhaltiger Lauge und Schwefelsäure erfolgt durch eine der kleinen Oeffnungen in dem Steindeckel, welche unmittelbar nach dem Einfüllen durch einen mit Eisengewichten beschwerten Thonballen geschlossen wird. Die Menge der Schwefelsäure wird so bemessen, daß sie eben noch für die Freimachung der in einer Beschickung enthaltenen Brommenge ausreicht. Sobald der Apparat in geeigneter Weise „verpackt" ist, läßt man den Wasserdampf einströmen und alsbald entwickeln sich reichliche Mengen von Bromdämpfen. Diese werden durch das erwähnte Bleirohr nach einer von kaltem Wasser umspülten Steinzeugserpentine (aus der Fabrik von Jannasch in Bernburg) geführt, in welcher sich das Brom verdichtet. Das untere Ende der Steinzeugserpentine mündet mittelst eines gebogenen Glasvorstoßes in die mittlere Tubulatur einer großen, dreihalsigen Woulff'schen Flasche von

beiläufig 8 Liter Capacität, in welcher sich Brom und Bromwasser ansammeln. In die eine seitliche Tubulatur ist ein verschiebbarer Glasheber befestigt, mit Hülfe dessen das Bromwasser in Krüge von Steinzeug entleert werden kann. Von der anderen Tubulatur geht ein gebogenes Glasrohr bis auf den Boden eines nach oben sich conisch erweiternden Eisengefäßes, welches mit Wasser und Eisenbohrspänen gefüllt ist. Bromdämpfe, welche sich in der Flasche nicht verdichtet haben, werden von dem Eisen fixirt. Das so gebildete, unreine und chlorhaltige Eisenbromid wird ebenso wie das abgehobene Bromwasser bei der nächsten Operation wieder in die Destillirgefäße gegeben.

Bei der Destillation entwickelt sich im Anfang fast nur Brom. In den letzten Stadien der Operation kommt Chlorbrom, dessen Auftreten an der Farbe des Gases in dem Glasvorstoße leicht zu erkennen ist. Sowie dasselbe sich zeigt, unterbricht man die Operation. Eine Operation, welche beiläufig 2 Stunden in Anspruch nimmt, liefert von 2,0 bis 2,5 Kilogr. Brom. Die beiden Bromlaboratorien von Staßfurt und Leopoldshall sind so eingerichtet, daß sie im Stande sind, in 24 Stunden 500 Kilogr. fertig zu stellen, doch wurde bisher ein so großes Quantum nie fabricirt.

Da sich offenbar wegen unvollkommener Mischung der in Wirksamkeit tretenden Agentien schon in den früheren Stadien der Destillation, besonders aber gegen den Schluß derselben, etwas Chlorbrom entbindet, enthält das Rohbrom immer etwas Chlor, selbst wenn man, wie dies in Staßfurt geschieht, die Woulff'sche Flasche gegen das Ende der Operation hin sich etwas erwärmen läßt, um das flüchtige Chorbrom in die Eisenspäne zu jagen. Es muß daher noch einer Rectification unterworfen werden. Diese geschieht in Glasretorten von beiläufig 15 Liter Inhalt, deren Hälse in von kaltem Wasser umspülte, gläserne Vorlagen eingekittet sind. Eine jede Retorte sitzt in einer besonderen Sandcapelle, damit, wenn eine Retorte springt — und derartige Unfälle können nicht vermieden werden — der Schaden möglichst beschränkt bleibt. Nur eine kleine wässerige Fraction ist chlorhaltig; sie wird entfernt und wieder mit in die Steinkufen gegeben. Die Rectification nimmt etwa 24 Stunden in Anspruch.

Von ganz besonderem Interesse sind nach Hofmann die Vorrichtungen für die Ventilation der Bromwerkstätten. Der kritische Moment ist der der Entleerung der Manganlauge aus den Steinkufen, da diese Flüssigkeit immer noch eine reichliche Menge von Brom und Chlordämpfen aushaucht. Aber diese Operation vollzieht sich infolge der Vortrefflichkeit der Anlagen ohne die allergeringste Belästigung der Arbeiter. Die Werkstätten riechen unverkennbar nach Brom, allein der Geruch ist weit schwächer als er beim Bromiren organischer Substanzen des öfteren in unseren wissenschaftlichen Laboratorien verspürt wird. Die Atmosphäre in dem Rectificationsraume ist, da jeder Lüftzug sorgfältig vermieden werden muß, angreifender als in den Destillationslokalen; indessen hat der Arbeiter den Raum nur periodisch zu betreten. Das Brom wird in Staßfurt in starken Glasflaschen von 2,5 Kilogr. versendet. Die gut eingeriebenen Stöpsel werden mit Schellak vergossen, dann mit Thonkitt lutirt und mit Pergamentpapier verbunden.

Nächst dem freien Brom bildet das Bromkalium einen nicht unwichtigen Handelsartikel. Neuerdings sind mehrere Darstellungsmethoden für dasselbe in Vorschlag gebracht worden, doch scheint keine Eingang in die Praxis gefunden zu haben. Vielmehr leitet man nach Mylius (a. a. O.) noch heute Bromdämpfe in Kalilauge und zersetzt das hier gleichzeitig mit dem Kaliumbromid entstehende bromsaure Kalium durch Glühen mit Kohle oder man bedient sich der Umsetzung des Eisenbromürbromid mit Kaliumcarbonat. Im letzteren Falle haben die Fabrikanten von Bromkalium nicht nöthig das Eisenbromürbromid selbst zu bereiten, da dasselbe von den Staßfurter Bromfabriken als teigartige Masse von 65 bis 70 % Brom in den Handel gebracht wird. Da es in Steintöpfen, Blechgefäßen, selbst Holzfässern verpackt werden kann, so eignet sich das Brom in dieser Form ganz vorzüglich für den Transport gegenüber der Kostspieligkeit der Verpackung und der Gefahr bei der Versendung des freien flüchtigen Broms. Zweckmäßig wird übrigens die Darstellung von Bromkalium und Eisenbromiden gleich mit der Fabrikation des Broms verbunden. Zu dem Zwecke läßt Frank, wie Mylius mittheilt, die von dem beschriebenen, steinernen Destillirapparate kommenden Bromdämpfe successiv durch drei Woulff'sche Flaschen gehen. In

der ersten, die wenig gekühlt wird, condensirt sich flüssiges Brom; die zweite ist mit Bromkaliumlauge resp. Eisenbromürlösung, die dritte mit Kalilauge resp. mit Eisendrehspänen angefüllt, und geben daher die aus der ersten, wenig gekühlten Vorlage entweichenden, chlorhaltigen Bromdämpfe an die in der zweiten Vorlage enthaltenen Bromide ihr Chlor ab und gelangen chlorfrei in die dritte Vorlage, wo sie die Bildung reiner Bromide veranlassen.

Jod.

Neue Quellen für die Jodgewinnung sind in letzter Zeit nicht erschlossen worden. Man gewinnt das Jod nach wie vor aus den Kelp und Varec genannten Aschen verschiedener Seetangen und aus den beim Raffiniren des peruanischen Natronsalpeters bleibenden Mutterlaugen. Auch die Methode der Gewinnung aus der Kelplauge ist noch immer die alte, längst bekannte, und keine der in letzter Zeit in Vorschlag gebrachten neueren Darstellungsmethoden hat eine practische Bedeutung erlangt. Aus den Mutterlaugen der peruanischen Salpeterraffinerien schlägt man das Jod theils unmittelbar als freies Jod, theils als Kupferjodür nieder, welches letztere gegenwärtig in großen Mengen in Europa eingeführt wird. Die Abscheidung des freien Jods aus der Jodsäure enthaltenden Mutterlauge wurde nach Mylius in der Fabrik der Société nitrière in Tarapaca früher mittelst schwefliger Säure, später mittelst salpetriger Säure bewirkt; die letztere verdient den Vorzug da sie auch das Jod des Jodnatriums niederschlägt, welches neben jodsaurem Natron in geringer Menge in den Laugen enthalten ist. Das gefällte Jod wird, um es von der anhaftenden Lauge zu befreien, zunächst in ein großes Thongefäß mit durchlöchertem Boden auf ein Sandfilter, dann in einen dickwandigen Kasten aus Gyps gebracht. Die Fällung des Kupferjodürs bewirkt man indem man die Lauge mit saurem schwefligsauren Natron und Kupfervitriol versetzt. Eine peruanische Fabrik hat nach Schering im Jahre 1873 15000 Kilo Kupferjodür in den Handel gebracht und beabsichtigte ihre Production im Jahre 1874 auf 50000 Kilo Kupferjodür entsprechend 30000 Kilo Jod zu steigern.

Von Bedeutung für den Bedarf an Jod dürfte der Umstand sein, daß man gegenwärtig in der Farbenindustrie die Anilinvioletts, die man früher fast ausschließlich unter Verwendung von Jodmethyl und Jodäthyl (Hofmann'sches Violett, Bd. II S. 319) darstellte, zum Theil ohne alle Verwendung von Jod, nämlich durch Oxydation des Methylanilins gewinnt. Auch in der Fabrikation des Anilingrün (Bd. VI S. 390) ist das Jodmethyl zum Theil durch salpetersauren Methyläther ersetzt worden. Sollte es der Farbenindustrie gelingen, sich im Laufe der Zeit mehr und mehr von ihrem Bedarfe an Jod frei zu machen, so würde die Jodfabrikation allerdings ungünstigen Conjuncturen entgegengehen, da durch die sonstigen Verwendungen, welche das Jod in der Medicin, Photographie und wissenschaftlichen Chemie erfährt, ein der gegenwärtigen Production entsprechender Absatz unmöglich zu erzielen sein würde.

Verbindungen des Stickstoffs.

Stickoxydulgas $= N_2O$ (früher $= NO$). Daß man empfohlen hat, das Stickoxydulgas als Anästheticum zu verwenden, ist schon früher (Bd. VI S. 202) erwähnt worden. Gegenwärtig findet diese Verwendung in ziemlich ausgedehnter Weise statt und wird daher das Stickoxydulgas jetzt in großem Betriebe dargestellt. Dies veranlaßte Dr. O. Liebreich im amtlichen Berichte über die Wiener Weltausstellung einige speciellere Mittheilungen über dasselbe und seine practische Verwerthung zu machen. Im Großen wird das Stickoxydulgas ausschließlich durch Erhitzen des salpetersauren Ammoniaks dargestellt, welches bekanntlich in der Hitze in Wasser und Stickoxydul zerfällt ($NH_4, NO_3 = N_2O + 2H_2O$). Dieses Salz muß indessen, wenn das Gas medicinische Verwendung finden soll, vollkommen rein und namentlich frei von Chlor und Schwefelsäure sein, es wird daher durch Neutralisiren von reiner Salpetersäure und reinem kohlensauren Ammoniak dargestellt. Die Hauptschwierigkeit bei der Herstellung des Gases besteht in der Regulirung der Feuerung, welche bei beginnender Entwicklung gemäßigt werden muß. Die Zersetzung des Salzes tritt bei 170° C. ein; bei eintretender Ueberhitzung bildet sich

Ammoniak, Stickstoff und das für den Gebrauch zum Einathmen gefährlichste Nebenproduct, das Stickoxyd. Selbst das aus reinem Material dargestellte Gas bedarf daher einer Reinigung, die man dadurch bewirkt, daß man es durch Waschflaschen, die mit Eisensulfat, Kalilauge und Kalkmilch gefüllt sind, hindurchführt. Durch das Eisensulfat wird das etwa gebildete Stickoxyd, durch das Kali und den Kalk werden die etwa mit fortgeführten sauren Dämpfe oder Gase zurückgehalten; das Gas wird in comprimirtem Zustande in eisernen Flaschen von etwa 40 Centim. Länge und 15 Centim. Breite in den Handel gebracht. Die größten Quantitäten werden in London von dem Mechaniker John Orchand jun. fabricirt. Durch Vermittlung der Herren James Coxeter & Son (23 Grafton Street East) kommen die Cylinder zum Versandt. Im Jahre 1872 wurden gegen eine Million Liter Gas verkauft. Im Jahre 1873 trat infolge eines Todesfalls, der während der Narkose eingetreten war, eine Verminderung des Consums ein, doch ist derselbe seitdem wieder in erhöhtem Maßstabe gestiegen. In Deutschland ist das comprimirte Gas durch die allbekannte Firma Ash & Son, Broad Street, London eingeführt worden; eigene Fabriken sind bisher in Deutschland nicht entstanden.

Für die Anwendung des Gases wurden zahlreiche Apparate construirt, um die Inhalationen zu erleichtern. Man bedient sich einfacher Mundstücke, durch welche das Gas ohne Weiteres hindurchströmt und complicirterer welche das gleichzeitige Eintreten von Luft gestatten. Diese Apparate sowie für diesen Zweck eigens construirte Gasometer finden sich in großer Auswahl bei Ash & Son. Was die Application betrifft, so hat sich herausgestellt, daß die Narkose nur in solchen Fällen benutzt werden kann, in welchen es sich um eine kurze Schmerzstillung handelt. Für Zahnoperationen ist daher das Gas ganz besonders geeignet. Die Sinne schwinden bei den ersten Athemzügen, während ein seltsames Trommeln in den Gehörorganen sich kund giebt; der Körper befindet sich in einem besonderen Wohlbehagen und die Erscheinungen der Heiterkeit treten dem Beobachter entgegen — daher das Gas auch Lustgas genannt worden ist; — bei fortgesetzter Einathmung erfolgt vollkommene Bewußtlosigkeit und schließlich der Tod. Ein Hauptvortheil, den das Stickoxydulgas vor anderen Anästheticis gewährt, liegt

darin, daß Brechbewegungen bei dem ersten Einathmen fast niemals eintreten. Eine lehrreiche Abhandlung „über das Stickoxydulgas als Anästheticum" ist von Grohnwald veröffentlicht worden.

Obgleich die practische Verwerthung zweckmäßig befunden ist, liegen für die wissenschaftliche Erklärung der Wirkung nur wenige und ungenügende Thatsachen vor. Man nimmt an, daß die Function der ganglиösen Apparate des Gehirns durch das Gas aufgehoben wird. Infolge dessen darf das Gas nicht lange hintereinander eingeathmet werden und ist es zweckmäßig, demselben mindestens 1/10 Volum atmosphärische Luft beizumengen; je länger man die Narkose braucht, desto mehr muß Luft zugelassen werden, jedoch darf die Quantität nicht über 1/4 Volum betragen. Daß auch bei dieser Inhalationsmethode unglückliche Ausgänge statt finden, darf nicht verwundern, da durch bisher nicht erklärte Zufälligkeiten die Anwendung fast jeden Anästheticums ihre Opfer gefordert hat. Die statistischen Aufzeichnungen sprechen aber für relative Unschädlichkeit des Stickoxydulgases.

Stickoxyd = NO (sonst = NO_2). Eine originelle Verwendung ist neuerdings dem Stickoxyd durch Eugen Sell*) zu Theil geworden. Bei Vorlesungsversuchen bedient man sich, um die Vereinigung des Chlors mit dem Wasserstoff unter dem Einfluß eines an chemischen Strahlen reichen Lichts zur Anschauung zu bringen, eines Glascylinders, der mit einem Gemenge von Stickoxyd und Schwefelkohlenstoffdämpfen gefüllt ist; letzteres wird entzündet und das hierbei auftretende Licht bewirkt, indem es das nebenstehende Gemenge von Chlor- und Wasserstoffgas bestrahlt, sofort die Vereinigung beider Gase zu Salzsäure. Um die chemisch wirksamen Strahlen dieses Lichtes für photographische Zwecke nutzbar zu machen, construirte Sell eine Lampe, die er schon am 10. October 1873 in England patentiren ließ und die er gegenwärtig beschreibt, da neuerdings auch Delachanal und Mermet**) von demselben Princip ausgehend eine Lampe für photographische Zwecke construirten. Sell's Lampe besteht in Folgendem:

*) Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1874, S. 1522.
**) Comptes rendus, Nov. 1874, S. 1078.

Ein kleines, kugelförmiges Glasgefäß enthält den Schwefelkohlenstoff, der durch einen Docht zu dem Brenner in die Höhe gesaugt wird. Um die kleine Kugel ist eine größere geblasen. Der Zwischenraum zwischen beiden wird mit kaltem Wasser gefüllt, das die Abkühlung des Schwefelkohlenstoffs bezweckt. Der Brenner ist ein gewöhnlicher Wild- und Wesel-Brenner, durch den in der Mitte ein rechtwinklich gebogenes, mit Hahn versehenes Rohr geht, welches das Stickoxyd aus einem Gasometer zuführt. Das Stickoxyd, welches für diese Verwendung sehr rein sein muß, wird in bekannter Weise aus Eisenchlorür, Kaliumnitrat und Kohlenwasserstoffsäure dargestellt. Entzündet man den Schwefelkohlenstoff, was ohne jede Gefahr geschehen kann, und läßt das Stickoxyd zuströmen, so gelingt es bei gehöriger Regulierung des Gasstromes und der Dochthöhe eine sehr schöne weiße Flamme von großer Intensität herzustellen, mit Hilfe deren bei verhältnismäßig kurzer Expositionsdauer Photographien ausgeführt wurden, die in Bezug auf Feinheit in der Vertheilung des Lichtes und Schattens nichts zu wünschen übrig lassen.

Herrmann W. Vogel*) untersuchte das Licht der Sell'schen Lampe spectral-analytisch, und bestätigt die entschiedene chemische Wirksamkeit des Lichtes, doch ist dieselbe nach Vogel nicht so stark als die Wirkung des mittleren Tageslichtes, denn eine Aufnahme erfordert etwa die vierfache Belichtungszeit als bei dem Lichte eines heiteren Wintertages um die Mittagszeit. Vor anderen künstlichen Lichtquellen bietet Sell's Lampe den Vortheil, wegen ihrer vorwiegend blauen Farbe nicht zu blenden, was bei Portraitaufnahmen wohl zu beachten ist. Der Geruch nach schwefliger Säure dürfte durch geeignete Abzüge zu vermeiden sein.

Salpetersäure und salpetersaure Salze. An Vorschlägen zu neuen Fabrikationsmethoden der Salpetersäure fehlt es nicht. So giebt J. E. Siebel**) in einer Abhandlung, die er „zum Kapitel Sodafabrikation" betitelt, an, daß man die Bereitung der Salpetersäure mit der Sodagewinnung combiniren könne. Wird neutrales phosphorsaures Natron

*) Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1875, S. 96.
**) Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1874, S. 1786,

mit Natronsalpeter zusammengeschmolzen so bildet sich unter Entwicklung von Salpetersäure basisch phosphorsaures Natron. Letzteres giebt beim Einleiten von Kohlensäure wieder neutrales phosphorsaures Natron und kohlensaures Natron. Indem man beide Salze durch ein allerdings etwas umständliches Verfahren trennt, gewinnt man Soda, während das neutrale phosphorsaure Natron abermals zur Zersetzung von Natronsalpeter verwendet werden kann. Karl Lieber*) veröffentlicht ein ihm patentirtes Verfahren aus Natronsalpeter Salpetersäure und zugleich kaustisches Natron zu gewinnen. Er erhitzte anfangs in eisernen Retorten, später in eisernen Schalen, die unter einem Gewölbe aus Chamottesteinen standen, äquivalente Mengen von Natronsalpeter und kohlensaurem Kalk. Indem er die entweichenden Gase durch mit Wasser gefüllte Steinballons führte, erhielt er $^{11}/_{12}$ von der im Natronsalpeter enthaltenen Salpetersäure und zwar ganz frei von Chlor, während der aus einem Gemenge von Aetzkalk und kohlensaurem Natron bestehende Destillationsrückstand beim Auskochen mit Wasser neben kohlensaurem Kalk kaustische Natronlauge lieferte, die man nur einzudampfen brauchte, um alles im Natronsalpeter enthalten gewesene Natron als Aetznatron zu erhalten. Ohne Zweifel steht der Umstand, daß bei Ausführung der Operationen die Gefäße außerordentlich leiden, einer practischen Verwerthung dieser Vorschläge hindernd im Wege. Zur Zeit stellt man im Großen die Salpetersäure lediglich durch Erhitzen von Chili- oder Natronsalpetersäure mit englischer Schwefelsäure dar; auch dienen als Zersetzungsapparat noch fast allgemein die über einer Rostfeuerung liegenden, gußeisernen Cylinder, an die sich ein aus Steinzeugballons bestehender Condensationsapparat anschließt. Nur hier und da hat man die gußeisernen Cylinder durch eben solche Tröge beziehentlich durch eingemauerte, mit gußeisernem Deckel versehene Kessel ersetzt, an deren Boden ein gußeisernes Rohr angegossen ist, durch welches man das rückständig bleibende, flüssige Sulfat abläßt. Da in neuerer Zeit die Nachfrage nach höchst concentrirter Salpetersäure, wie sie z. B. bei der Fabrikation von Nitrobenzol zur Verwendung kommt, gestiegen ist, so bedient man sich zum Theil einer Schwefelsäure von 1,85 spec. Gew.

*) Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1875, S. 49.

(66° B.) zur Zersetzung des in diesem Falle noch künstlich zu trocknenden Natronsalpeters und gewinnt so unmittelbar eine fast dem Monhydrat entsprechende Salpetersäure von 1,50 bis 1,53 spec. Gewicht (48 bis 50° B.) während für gewöhnliche Zwecke d. h. zur Herstellung einer Salpetersäure von 1,38 bis 1,41 spec. Gew. (40 bis 42° B.), die Anwendung einer nur in Bleipfannen concentrirten, etwa 60grädigen Schwefelsäure genügt.

Der Natron- oder Chilisalpeter, der übrigens hauptsächlich aus Peru stammt, und seinen Namen nur deshalb führt, weil er durch Chili über Valparaiso exportirt wurde, wird keineswegs allein zur Salpetersäurebereitung benutzt; er erfährt die mannigfaltigsten Anwendungen, so bei der Fabrikation der Schwefelsäure, dem Reinigen des Aetznatrons, der Fabrikation des arsensauren Natrons, der Glasbereitung, der Umwandlung des Roheisens in Stahl (nach Hargreaves und Heaton); der Gewinnung gewisser Pulversorten (Sprengpulver) und vor Allem in der Fabrikation des Kalisalpeters, er liefert überhaupt bei Weitem den größten Theil des Rohmaterials für die in der Industrie gebrauchten Nitrate. — Da über sein Vorkommen und seine Gewinnung in diesem Jahrbuche noch nicht berichtet worden ist, mögen einige Mittheilungen hier folgen, die der amtliche Bericht über die Wiener Weltausstellung über diesen Gegenstand wie über die Ueberführung des Natronsalpeters in Kalisalpeter bringt. Die den Natronsalpeter führenden Lagen, welche sich im südlichen Peru zwischen den Anden und einem hohen Küstengebirge über einen etwa 28 geographische Meilen langen District erstrecken, werden hauptsächlich nur an den den Verkehr begünstigenden Stellen abgebaut. Das salpeterhaltige Mineral, Caliche genannt, findet sich in Schichten von 0,25 bis 1,5 Meter Mächtigkeit, die nur selten zu Tage treten. Das überliegende Gestein (costra) hat eine Dicke von ½ bis 2 Meter und besteht nach Angaben von Langbein vorzugsweise aus einem harten Conglomerat von Sand, Feldspath, Phosphaten und anderen Mineralien. Die Zusammensetzung des Caliche wechselt; der Gehalt an Natriumnitrat schwankt zwischen 48 und 75, der Kochsalzgehalt zwischen 20 und 40 Procent; übrigens finden sich wechselnde Mengen von Natriumsulfat, Gyps, Kalisalpeter, Chlormagnesium, Jodverbindungen

borsauren Salzen, sowie unlöslichen Erdtheilen und organischen Substanzen (Guano) darin vor.

Was die Entstehung der mächtigen Lager betrifft so hat wohl die von C. Nöllner ausgesprochene Ansicht die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Nöllner glaubt, daß infolge von Stürmen gewaltige Massen von Seetangen in jene Bucht von Südamerika geworfen wurden, die sämmtlich stickstoffhaltig sind und durch ihre langsame Oxydation zur Bildung von salpetersaurem Natron Veranlassung gegeben haben. Das Vorkommen von Jod im Salpeter spricht für die Richtigkeit dieser Anschauung; der geringe Kaligehalt entspricht der Kalimenge in den Seepflanzen und das constante Vorkommen von Boronatrocalcit erinnert an die borsäurehaltigen Mineralien in Stein- salz- und Chlorkaliumlagern. Allerdings muß man annehmen, daß der gebildete Salpeter durch vulkanische Erhebungen oder Zurücktreten des Meeres dem Einfluße den Wogen entzogen worden ist.

Das geförderte salpeterhaltige Material wird nach den in den Salpeterdistricten sehr häufigen sogenannten Salpeterraffinerien transportirt. Nach Langbein*) befanden sich schon im Jahre 1871 auf einer Fläche von weniger denn einer Quadratmeile 11 dergleichen große Etablissements, die täglich zwischen 200 und 1200 Centner Salpeter producirten, und außerdem 12 kleinere Officinen im Betrieb. Hier wird das Material zunächst durch eine Brechmaschine zerkleinert und dann in offenen oder geschlossenen Kesseln ausgelaugt. Die gesättigte Lauge gelangt in Klärbottiche und dann in Krystallisirgefäße, in welchen das zum Export gelangende Product auskrystallisirt.

Die Mutterlauge der Raffinerien enthält 2 1/2 bis 5 Gr. Jod im Liter und wird von einigen peruanischen Fabriken in der oben (S. 305) besprochenen Weise auf Jod oder Jodkupfer verarbeitet. Der Export an Natronsalpeter ist in steter Zunahme begriffen, und betrug schon im Jahre 1872 mehr als 4 Millionen Centner. Durch Decret vom 12. Juli 1873 hat die peruanische Regierung den Verkauf des Salpeters selbst in die Hand genommen und die Quantität der jährlich zu exportirenden Waare auf 4 1/2 Millionen Centner fixirt. Ueber die

*) Wagner's Jahresbericht 1871 S. 301.

Wirkung dieser Verfügung auf den Salpeterhandel läßt sich bis jetzt noch kein Urtheil abgeben.

Eine hohe Wichtigkeit hat die durch Behandlung des Natronsalpeters mit Chlorkalium zu bewirkende Ueberführung des Natronsalpeters in Kalisalpeter erlangt. Sämmtliche hierbei in Anwendung gebrachte Methoden basiren auf folgenden Thatsachen;

Von den Chlorüren und Nitraten der beiden Alkalimetalle ist das Kochsalz in kochendem Wasser, das Kaliumnitrat in kaltem Wasser am schwersten löslich. Das Kochsalz löst sich in kochendem Wasser kaum mehr als in kaltem Wasser, während Kalisalpeter von ersterem in weit größerer Menge aufgenommen wird als von letzterem. Daher eine Lösung, welche die Chlorüre und Nitrate des Kaliums und Natriums enthält, in der Siedehitze nur Kochsalz, beim Erkalten nur Kalisalpeter ausscheidet. Die im Jahre 1866 in England gebräuchliche Methode der Fabrikation von sogenanntem Conversionssalpeter ist von Lunge*) beschrieben worden. Aequivalente Mengen von Chilisalpeter und Staßfurter Chlorkalium, deren Gehalt vorher durch die Analyse festgestellt ist, werden in gußeisernen Kesseln unter Einleiten von Dampf in Wasser gelöst. Die geklärte Lauge läßt man unter Umrühren erkalten, wobei sich der Kalisalpeter als feines Mehl abscheidet, das nach dem Abtropfenlassen so lange mit Wasser gewaschen wird, bis eine Probe mit Silberlösung geprüft nur noch 1/100 Proc. Chlornatrium enthält. Die Mutterlaugen werden auf freiem Feuer eingedampft und scheiden während des Kochens den größten Theil des gebildeten Kochsalzes ab, welches ausgefischt wird. Beim Erkalten der Lauge erhält man eine neue Quantität Salpetermehl. In einer andern Fabrik stellt man zuerst eine Lösung von Chlorkalium dar, welche 1,200 bis 1,210 spec. Gewicht zeigt, löst darin die äquivalente Menge Chilisalpeter auf und dampft auf freiem Feuer ein. Das sich fortwährend ausscheidende Kochsalz wird ausgekrückt und nach dem Abtropfen so lange mit Wasser gewaschen, bis es nur noch 1/2 Procent Salpeter enthält. Die Waschwasser gehen in die Pfanne zurück. Wenn die Lauge die Concentration von 1,500 spec. Gew. erreicht hat, läßt man kurze Zeit absetzen, wobei das

*) Dingler's pol. Journ. Bd. 182, S. 385.

niederfallende Kochsalz allen Schmutz mit sich zieht und bringt die klare Lauge in die Krystallisationsgefäße. Der hier ausgeschiedene Salpeter wird ähnlich wie oben angegeben gewaschen. Nach A. Geyger werden in einer schottischen Fabrik die trockenen Salze, Natronsalpeter und Chlorkalium, mit einer zur völligen Auflösung unzureichenden Menge Mutterlauge von einer früheren Operation erhitzt. Die Operation erfolgt in mit Rührwerk versehenen und durch Dampf erwärmten, eisernen Cylindern. Nach mehrstündigem Rühren, wobei das verdampfende Wasser stets durch Mutterlauge ersetzt wird, ist die Umsetzung derartig vollendet, daß das feste Salz aus feinen Chlornatriumkrystallen besteht, während die Flüssigkeit neben Kochsalz die ganze Menge des gebildeten Kaliumnitrats enthält. Letzteres scheidet sich beim Erkalten der klar abgezogenen Lauge aus und ist nur noch durch Auswaschen von anhängender Chlornatriumlösung zu befreien. Das Kochsalz wird ebenfalls so lange gewaschen, bis es fast frei von Salpeter ist. Die Mutterlaugen und Waschwässer werden bei der Behandlung neuer Quantitäten von Chlorkalium und Chilisalpeter zugesetzt und sollen bei vorsichtiger Arbeit vollständig aufgebraucht werden können. — Andere Methoden zur fabrikmäßigen Umwandlung des Chilisalpeters in Kalisalpeter sind jetzt wohl nirgends mehr in Gebrauch.

Ammoniak und Ammoniaksalze.

Das Ammoniak und seine Salze sind nur im ersten Bande dieses Jahrbuchs (1865) besprochen worden. Seitdem ist der Verbrauch an Ammoniak und Ammoniaksalzen wesentlich gestiegen und dies ist nicht ohne Einfluß auf die Fabrikationsmethoden geblieben. Ueber die im Gebiete der Ammoniakindustrie während der letzten zehn Jahre sich documentirenden Fortschritte berichtet M. Seidel*) Fabrikdirector in Amsterdam. Nach dessen Mittheilungen hat insbesondere seit dem Jahre 1870 die Verwendung des Ammoniaksulfats als Düngemittel sehr an Ausdehnung gewonnen, und da auch die Alaunfabri-

*) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausst. B. III, Abthl. I S. 192.

kation bedeutende Mengen dieses Salzes consumirt, während Salmiak gegenwärtig weniger begehrt wird, so sind viele Fabriken von der Fabrikation des Salmiaks zu der des Sulfats übergegangen. Der vermehrte Verbrauch an kaustischen Ammoniak ist wohl hauptsächlich auf die vielfache Verwendung desselben in der Farbenindustrie zurückzuführen, doch mag auch die Verbreitung der Carré'schen Eismaschine (Bd. IV S. 125) nicht ohne Einfluß geblieben sein. Die Nordhauser Actiengesellschaft, (sonst O. Kropff u. Comp.) soll allein bis 1873 60 solcher Maschinen, davon 29 für Deutschland, geliefert haben und Vaß und Littmann in Halle hatten zur Zeit der Wiener Ausstellung 42 derselben, davon 20 für Deutschland, fertig gestellt. Dahingegen verlautet wenig über Fortschritte, welche die auf der Anwendung von Ammoniak beruhenden Kraftmaschinen (Bd. II S. 153) gemacht haben. Sollte die weiter unten zu besprechende, nach Solvay'schem Verfahren betriebene Sodafabrikation weitere Ausdehnung finden, so würde auch diese als bedeutender Ammoniakconsument sich geltend machen, doch ist nach Privatmittheilungen, welche A. W. Hofmann von deutschen Ammoniakfabrikanten zugingen, eine Vermehrung der Nachfrage nach Ammoniak in folge seiner Anwendung für den Ammoniak-Sodaprozeß bis jetzt kaum verspürt worden.

Um den gesteigerten Ammoniakverbrauch durch Erschließung neuer Quellen für Ammoniak zu decken, sind manche Vorschläge gemacht worden, die schwerlich bedeutenden Erfolg haben werden, meinen doch Paupin de Rosnay*) und Christy**) selbst den Gehalt der Kloaken- und Schleußenwässer an Ammoniak verwerthen zu können, ersterer indem er es mittelst Magnesia und löslicher Phosphate in Form von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia fällt, letzterer indem er es mittelst Kieselflußsäure niederschlägt. Zur Zeit wird der bei weitem größte Theil des im Handel befindlichen Ammoniaks noch immer aus dem durchschnittlich etwa 0,3 Procent Ammoniak enthaltenden, sogenannten Gas- oder Ammonikwasser der Steinkohlengasfabriken gewonnen (Bd. I S. 309), doch verarbeitet

---

*) Deutsche Industriezeitung 1868 S. 298.
**) Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1873 S. 977.

[illegible] Salmiakgeist zu [illegible]

Schwefel.

Ueber das Vorkommen und die Gewinnung des Schwefels in Italien sind bereits früher (Bd. III S. 302) einige Mittheilungen gemacht worden. Neuerdings bringt Wagner's Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie für 1874 (S. 218) und ebenso der von der Centralcommission des deutschen Reichs erstattete Bericht über die Wiener Weltausstellung über die Schwefelindustrie Siciliens einige recht interessante Notizen, die im wesentlichen einem Berichte des Bergingenieurs [illegible] Parodi an das italienische Handelsministerium ent[illegible] sind.

[illegible] diesen Mittheilungen wie aus anderweitigen statisti[illegible]zen geht hervor, daß die Production Siciliens an

[illegible] Amtl. Bericht über d. Wiener Weltausstellg. Bd. III Abthl. II [illegible]

Schwefel im letzten Jahrzehnt bedeutend höher war als in den früheren. Auf der etwa 2000 Hectaren umfassenden Fläche, über welche sich die sicilianischen Schwefellager erstrecken, sind jetzt 250 Gruben im Gange, die jährlich gegen 2 Millionen Centner Schwefel, d. i. vier Mal mehr als vor 40 Jahren, produciren. Man hat begonnen, den bisher sehr unregelmäßig betriebenen, nur auf augenblicklichen Gewinn gerichteten, planlosen Grubenbau durch einen rationellen Abbau zu ersetzen. Namentlich seit dem Jahre 1868 sind in dieser Beziehung durch Abteufen von Schächten, Entwässerung mittelst Stollen, Ersatz der Handarbeit durch Dampfkraft ꝛc. sehr bemerkenswerthe Fortschritte gemacht worden. Das durchschnittliche Ausbringen des Schwefels aus den Erzen muß freilich als ein noch recht unvollkommenes bezeichnet werden, denn infolge des Mangels an Brennmaterial bedient man sich bei Verarbeitung der Erze fast durchgängig noch immer des an und für sich irrationellen, sogenannten Calcarone-Betriebes. Bei diesem Verfahren wird das Erz in gemauerten Umzäunungen in Haufen von 500 bis über 1000 Kubikmetern (1 Kubikmeter = 1600 Kilo) aufgeschichtet. Die Haufen, in welchen Zugcanäle ausgespart sind, werden mit einer Schicht ausgebrannter Erze bedeckt, und dann von der Sohle aus angezündet, so daß ein Theil des Schwefels verbrennt und die zum Ausschmelzen des Restes nöthige Wärme liefert. Bei einer Beschickung von 1000 Kubikmetern erfordert eine Operation etwa 2 Monate und liefert im Mittel 10 bis 15 Proc. Rohschwefel. Die gewöhnlichen Erze enthalten aber neben Gyps und bituminösem Mergel durchschnittlich 20 bis 25 Proc. Schwefel. Nur aus den reichsten, 30 bis 40 Proc. Schwefel enthaltenden Erzen gewinnt man 20 bis 25 Proc. Rohschwefel, so daß man bei diesem Calcarone-Betrieb durchschnittlich kaum drei Fünftel bis zwei Drittel des in den Erzen vorhandenen Schwefels wirklich gewinnt, während der Rest zur nicht geringen Belästigung der anwohnenden Bevölkerung in Form von schwefliger Säure entweicht. Zwar hat man in neuerer Zeit mehrfach versucht diesem doppelten Uebelstande der mangelhaften Ausbeute und der Verpestung der Atmosphäre durch schweflige Säure durch Anwendung von Oefen vorzubeugen. Mehrere, so die von Durand, Conrad Hirzel, J. Gill und H. Keyser

man letzteres nur seltener noch auf Salmiak, häufiger führt man das darin enthaltene Ammoniak in Sulfat über und vielfach gewinnt man gegenwärtig aus demselben unmittelbar durch Destillation mit Kalk einen sehr reinen Salmiakgeist.

Nach L. Darmstädter*) besteht der in der Fabrik von Jaffé u. Darmstädter in Berlin zur Salmiakgeistfabrikation angewendete Apparat aus drei über einander liegenden Kesseln von circa 50 Hectoliter Inhalt, von denen die beiden untersten durch directe Feuerung erhitzt werden und mit Rührwerken zur innigen Mengung des Kalkes mit dem Gaswasser und Verhütung des Anbrennens des Kalkes versehen sind. Der oberste Kessel dient als Vorwärmer und gewissermaßen als Dephlegmator. Vom dritten Kessel wird das Gas zur Entfernung des noch beigemengten Wasserdampfs durch ein möglichst ausgedehntes, am besten 20 bis 25 Meter langes System von Liebig'schen Kühlern geführt und gelangt von da endlich in die Waschflaschen und Condensationsapparate, die unter sich wieder durch mit Holzkohle gefüllte Rohre verbunden sind, welche etwaige Reste von Empyreuma entziehen sollen. Durch genügende Länge der Rohrleitung und Einschaltung mehrerer Waschflaschen gelingt es einen völlig reinem Salmiakgeist zu erzielen.

Schwefel.

Ueber das Vorkommen und die Gewinnung des Schwefels in Italien sind bereits früher (Bd. III S. 302) einige Mittheilungen gemacht worden. Neuerdings bringt Wagner's Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie für 1874 (S. 218) und ebenso der von der Centralcommission des deutschen Reichs erstattete Bericht über die Wiener Weltausstellung über die Schwefelindustrie Siciliens einige recht interessante Notizen, die im wesentlichen einem Berichte des Bergingenieurs Lorenzo Parodi an das italienische Handelsministerium entnommen sind.

Aus diesen Mittheilungen wie aus anderweitigen statistischen Notizen geht hervor, daß die Production Siciliens an

---

*) Amtl. Bericht über d. Wiener Weltausstellg. Bd. III Abthl. II S. 190.

Schwefel im letzten Jahrzehnt bedeutend höher war als in den früheren. Auf der etwa 2000 Hectaren umfassenden Fläche, über welche sich die sicilianischen Schwefellager erstrecken, sind jetzt 250 Gruben im Gange, die jährlich gegen 2 Millionen Centner Schwefel, d. i. vier Mal mehr als vor 40 Jahren, produciren. Man hat begonnen, den bisher sehr unregelmäßig betriebenen, nur auf augenblicklichen Gewinn gerichteten, planlosen Grubenbau durch einen rationellen Abbau zu ersetzen. Namentlich seit dem Jahre 1868 sind in dieser Beziehung durch Abteufen von Schächten, Entwässerung mittelst Stollen, Ersatz der Handarbeit durch Dampfkraft ꝛc. sehr bemerkenswerthe Fortschritte gemacht worden. Das durchschnittliche Ausbringen des Schwefels aus den Erzen muß freilich als ein noch recht unvollkommenes bezeichnet werden, denn infolge des Mangels an Brennmaterial bedient man sich bei Verarbeitung der Erze fast durchgängig noch immer des an und für sich irrationellen, sogenannten Calcarone-Betriebes. Bei diesem Verfahren wird das Erz in gemauerten Umzäunungen in Haufen von 500 bis über 1000 Kubikmetern (1 Kubikmeter = 1600 Kilo) aufgeschichtet. Die Haufen, in welchen Zugcanäle ausgespart sind, werden mit einer Schicht ausgebrannter Erze bedeckt, und dann von der Sohle aus angezündet, so daß ein Theil des Schwefels verbrennt und die zum Ausschmelzen des Restes nöthige Wärme liefert. Bei einer Beschickung von 1000 Kubikmetern erfordert eine Operation etwa 2 Monate und liefert im Mittel 10 bis 15 Proc. Rohschwefel. Die gewöhnlichen Erze enthalten aber neben Gyps und bituminösem Mergel durchschnittlich 20 bis 25 Proc. Schwefel. Nur aus den reichsten, 30 bis 40 Proc. Schwefel enthaltenden Erzen gewinnt man 20 bis 25 Proc. Rohschwefel, so daß man bei diesem Calcarone-Betrieb durchschnittlich kaum drei Fünftel bis zwei Drittel des in den Erzen vorhandenen Schwefels wirklich gewinnt, während der Rest zur nicht geringen Belästigung der anwohnenden Bevölkerung in Form von schwefliger Säure entweicht. Zwar hat man in neuerer Zeit mehrfach versucht diesem doppelten Uebelstande der mangelhaften Ausbeute und der Verpestung der Atmosphäre durch schweflige Säure durch Anwendung von Oefen vorzubeugen. Mehrere, so die von Durand, Conrad Hirzel, J. Gill und H. Keyser

construirten Oefen und Apparate sind in dem genannten Berichte beschrieben; aber keiner fand dauernde Verwendung und auch Vollmann's Vorschlag, die Schwefelerze auf nassem Wege mit Schwefelkohlenstoff zu entschwefeln, blieb erfolglos; nur die seit 1868 von Thomas in Palermo im Großen durchgeführten Versuche, den Schwefel durch gespannten Wasserdampf aus den Erzen auszuschmelzen, scheinen einige Aussicht auf Erfolg zu haben. Dieses Verfahren, dem ohne Zweifel das von Schaffner in Aussig bei der Regneration des Schwefels aus den Sodarückständen angewendete Princip (Bd. V. S. 363) zu Grunde liegt, ist mittlerweile einer italienischen Gesellschaft patentirt worden und wird von dieser ausgebeutet. Es bedingt die Anwendung gewöhnlichen Brennmaterials; als Uebertrager der Wärme dient Wasserdampf von 3 bis 3 1/2 Atmosphären Spannung. Da der Schwefel zwischen 111 und 112° C. schmilzt, sollte man Dampf von 2 Atmosphären Spannung für genügend halten, doch hat die Praxis eine Spannung von 3 bis 3 1/2 Atmosphären als nothwendig erwiesen. Eine stärkere Spannung würde die Qualität des resultirenden Schwefels beeinträchtigen. Mit Hülfe dieses Systems lassen sich indessen täglich nicht mehr als sechs bis sieben Schmelzungen ausführen, vorausgesetzt, daß man jedes Mal 2 Tonnen in Behandlung nimmt. In einer wohlgelungenen Operation sollten nicht mehr als 5 Proc. des in dem Erze enthaltenen Schwefels zurückbleiben, so daß man also aus einem Erze von 22 Proc. Schwefel durch Ausschmelzen mit Wasserdampf 21 Proc. Schwefel gewinnen sollte, während die Arbeit im Calcarone nur gegen 15 Procent liefert. Bedenkt man indessen, daß Sicilien kein Brennmaterial besitzt, daß 60 Lires kein ungewöhnlicher Preis für die Tonne eingeführter Kohlen ist, und daß auch die Metallapparate, in welchen der Prozeß ausgeführt wird, ziemlich kostspielig sind, der Transportkosten für die von außen zu beschaffenden Maschinen nicht zu gedenken: so begreift man, daß es bis zum Augenblick noch unentschieden bleiben konnte, ob die Methode der Dampfschmelze Aussicht hat, das alte Verfahren zu verdrängen. Für die Behandlung sehr armer Erze scheint sich indessen schon jetzt für erstre ein Vortheil herauszustellen.

Bei weiterer Verbreitung der oben erwähnten Verbesse-

rungen und nach Eröffnung der sicilianischen Eisenbahnen, wird die gegenwärtig etwa 2 Millionen Centner betragende Production auf etwa 3 Millionen Centner gesteigert und der Centner zu etwa $10^1/_2$ Francs auf das Schiff geliefert werden können. Da nun nach einer Schätzung Parodi's die gesammten auf Sicilien befindlichen Schwefellager nur noch etwa 200 Millionen Centner Schwefel in sich einschließen, so würde der noch vorhandene Vorrath unter obiger Voraussetzung mit der zweiten Hälfte des nächsten Jahrhunderts sein Ende erreichen. Andere Berechnungen stellen dem Abbau des sicilianischen Schwefels noch etwa die doppelte Frist in Aussicht.

Die Reinigung des Schwefels wird noch immer vorzugsweise in Frankreich, zumal in der Nähe vnn Marseille ausgeführt. Auf Sicilien existiren nur zwei oder drei Raffinerien, welche nur mit kleinen Mengen und überdies nur zeitweise arbeiten.

Bedenkt man, daß die Schwefelsäurefabriken, die einst so mächtige Consumenten sicilianischen Schwefels waren, gegenwärtig hauptsächlich Kiese verarbeiten und bedenkt man weiter, daß, seitdem man die Rückstände von der Sodafabrikation zu verarbeiten gelernt hat, enorme Quantitäten von Schwefel aus diesen wiedergewonnen worden, so erscheint es überraschend, daß trotzdem die Ausfuhr des sicilianischen Schwefels keine Abnahme, vielmehr, wenn man die Durchschnitte der beiden letzten Decennien vergleicht, noch eine beträchtliche Zunahme erkennen läßt. Eine Erklärung hierfür ist wohl hauptsächlich in der vermehrten Production an Schießpulver und an Ultramarin so wie in der Thatsache zu suchen, daß gegenwärtig die Weinberge Frankreichs, Italiens und Spaniens als Mittel gegen die Traubenkrankheit außerordentliche Quantitäten von Schwefel consumiren.

Schwefelsäure.

Ueber die in letzter Zeit zu constatirenden Fortschritte der Schwefelsäurefabrikation hat bereits der vorige Jahrgang (S. 237 u. f.) ausführlichere Mittheilungen gebracht, zu deren Ergänzung nur einige kurze Notizen hier folgen sollen. Der leider vor kurzen verstorbene Director der großen Schwefelsäure- und Sodafabrik Rhenania zu Stollberg bei Aachen, Hasenclever,

bezeichnet es in seinem Berichte über die während der letzten zehn Jahre in der Schwefelsäure-Industrie gemachten Fortschritte als immerhin bemerkenswerth, daß einige Fabriken ihre zur Erzeugung der schwefligen Säure dienenden Kiesöfen so abänderten, daß sie Schwefel statt des Kieses darin verbrennen konnten. Man ersetzte einfach die Roststäbe der Kiesöfen durch Gußplatten. Heidenreich in Hannover machte mit dieser Umwandlung den Anfang; aber auch in Stettin, Hamburg und andern Orten hat man in den letzten Jahren Schwefelsäure aus Schwefel dargestellt, während man früher Kies verwendete. Die während der Jahre 1871—73 sehr hohen Kiespreise gaben zu dieser allerdings nur vorübergehenden Erscheinung, Veranlassung, denn nachdem die Preise der Kiese gefallen, hat man in vielen Fabriken die Darstellung der Schwefelsäure aus Schwefel wieder aufgegeben. Welche enorme Ausdehnung bei alledem die Verwendung des Kieses in der Schwefelsäurefabrikation gewonnen hat, ergiebt sich deutlich aus den sehr ausführlichen Mittheilungen Hasenclever's über die Production und Einfuhr verschiedener Länder an Kiesen. Wir entnehmen denselben nur die folgenden selbstredenden Zahlen. England führte hauptsächlich aus Spanien, Portugal und Norwegen im Jahre 1862 wenig über 2 Millionen, im Jahre 1872 über 10 Millionen Centner Kiese ein. Die sämmtlichen preußischen Gruben förderten im Jahre 1862 noch nicht eine halbe Million, im Jahre 1872 fast 3 Millionen Centner Kiese. Man kann hieraus auf die Zunahme der Production und des Verbrauchs an Schwefelsäure schließen. Dieser Mehrverbrauch an Schwefelsäure ist theils durch die gesteigerte Fabrication von Soda, Pottasche, Mineraldünger etc. theils durch die Begründung ganz neuer Industriezweige, wie der künstlichen Darstellung des Alizarins, der Nitroglycerinfabrikation u. a. m. bedingt.

Die mehrfachen Verbesserungen, welche den Kiesröstöfen zu Theil wurden, entziehen sich hier leider der Besprechung, da solche ein zu specielles Eingehen auf die Construction der verschiedenen Röstöfen voraussetzen würde. Daher möge bezüglich derselben auf die ausführlichen, im Jahrgang 1874 des Dingler'schen polytechnischen Journals (Bd. 212 S. 54 u. Bd. 214 S. 117 u. 471) erschienenen Abhandlungen verwiesen sein.

Die Bemühnngen, den nun seit einem Jahrhundert benutzten, in den Bleikammern vor sich gehenden Prozeß theoretisch aufzuklären, um ihn in der Praxis zu vervollkommnen, nehmen ihren Fortgang. Einen Beitrag hierzu lieferte Kuhlmann. Schon Weber (Bd. III S. 308) hat darauf hingewiesen, daß die trotz Anwendung des Gay-Lussac'schen Thurms (Bd. X S. 241) statthabenden Verluste an Salpetersäure dadurch herbeigeführt werden möchten, daß die Salpetersäure, resp. salpetrige Säure in den Bleikammern unter Umständen durch die schweflige Säure nicht blos zu Stickoxyd sondern zu Stickoxydulgas reducirt werde. Da das Stickoxydulgas nicht im Stande ist, wie das Stickoxydgas, sich den Sauerstoff der atmosphärischen Luft anzueignen und dadurch in die höheren Oxyde des Stickstoffs wieder überzugehen, kann es zur weiteren Oxydation von schwefliger Säure nicht wieder nutzbar werden und bedingt daher einen Verlust an Salpetersäure. Nach Weber findet die Reduction der salpetrigen Säure zu Stickoxydulgas hauptsächlich dann statt, wenn sie bei Gegenwart von viel Wasser mit überschüssiger schwefliger Säure in Berührung kommt. Diese Beobachtungen Weber's sind bereits von P. W. Hofmann bestätigt worden (Bd. VII S. 310). Kuhlmann nun hat die Umstände, unter welchen Stickoxyd in Stickoxydul übergeht, weiter zu verfolgen gesucht und zugleich die Frage erörtert, ob das Stickoxydgas unter dem Einfluße der schwefligen Säure auch eine weitergehende Reduction zu freiem Stickstoff erfahren könne. Er theilt hierüber*) Folgendes mit:

„Zur Lösung dieser Fragen schien es zweckmäßig, nicht die Reactionen in der Bleikammer zu studiren, sondern direct die Einwirkung von schwefliger Säure auf Stickoxyd bei Abschluß der Luft einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. Die beiden Gase wirken immer mehr oder weniger auf einander ein, indem sich die schweflige Säure auf Kosten des Sauerstoffs des Stickoxydes zu Schwefelsäure oxydirt. Um zu sehen, wie weit die Desoxydation des Stickoxydes gehen kann, wurde ein Platinschwamm eingeführt, der bekanntlich die Reactionen zwischen gasförmigen Körpern wesentlich erleichtert. Das Stickoxyd kann

---

*) Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausstellung Bd. III Abthl. II S. 174.

auf diese Weise vollständig zu Stickoxyd reducirt werden, indem sich die entsprechende Menge Schwefelsäure erzeugt:



Aber auch ohne Platinschwamm vollzieht sich diese Reaction, obwohl nur unvollständig. Schon bei gewöhnlicher Temperatur bildet sich etwas Schwefelsäure und je höher die Temperatur steigt, desto energischer wirken die beiden Gase auf einander ein. Es ist möglich, daß sich vor der vollständigen Reduction des Stickoxyds zu Stickstoff zunächst Oxydul bildet; was aber bei diesen Fragen am meisten ins Gewicht fällt, ist, daß die Reduction nicht bei der Bildung von Stickstoffoxydul stehen bleibt. Wird schweflige Säure bei erhöhter Temperatur mit Stickstoffoxyd in Contact gebracht, so findet eine vollständige Reduction zu Stickstoff statt. Die Temperatur spielt also bei diesen Umsetzungen eine große Rolle. In der Schwefelsäurefabrikation ist deßhalb Sorge zu tragen, daß die Gase nicht bei zu hoher Temperatur auf einander einwirken und namentlich ist die Salpeterzersetzung in den heißen Gasen der Röstöfen absolut zu verwerfen. Werden zur Concentration der Kammersäure Glover'sche Thürme (Bd. X S. 241) angewandt, so müssen diese mit einer Säure gespeist werden, die möglichst frei ist von salpetriger Säure, denn sonst treten analoge Verhältnisse ein, wie bei der erwähnten Salpeterzersetzung, wo die Reduction zu weit geht."

Hierzu bemerkt Hasenclever: „In der That lassen die Verluste an Salpeter bei der vollständigen Absorption der salpetrigen Säure im Gay-Lussac'schen Thurme eine Reduction zu Stickstoffoxydul oder Stickstoff bei der Schwefelsäurefabrikation unter gewissen Umständen vermuthen. Zur Verwerthung der im Laboratorium gesammelten Erfahrungen für die Praxis wird es indessen noch nöthig sein zu ermitteln, bei welcher Concentration der Gase und bei welcher Temperatur die beschriebene Reduction stattfindet.

Kuhlmanns Beobachtungen mögen in vielen Fällen zutreffend sein; ganz allgemeine Geltung können sie indessen nicht haben, da gerade solche Fabriken ein Minimum von Salpeter verbrauchen, welche die Zersetzung desselben im Schwefelofen und in den vom Kiesbrenner zu den Bleikammern führenden Kanälen vornehmen."

Die im vorigen Jahrgange (S. 240) schon erwähnte

Methode der Concentration der Schwefelsäure in flachen Platin- oder Porzellanschalen von Faure und Kessler scheint mehr und mehr die Aufmerksamkeit der Fabrikanten auf sich zu ziehen. Ueber die bereits mehrfach im Gange befindlichen Apparate vernimmt man die günstigsten Urtheile. Daher mögen einige Verbesserungen, die man den Apparaten neuerdings zu Theil werden ließ, hier kurz erwähnt sein. Letztere bestehen hauptsächlich darin, daß man die Bd. X S. 240 erwähnte Kühlkammer, in welchen sich Destillatsäure von 26° B. verdichtete, durch eine bewegliche, über die Platinschale zu stürzende Glocke aus Blei ersetzt hat. Der verbesserte Apparat, den die Erfinder „Schalenapparat mit beweglicher Kammer zur Concentration von Schwefelsäure auf 60 u. 66° B." nennen, ist von Fr. Bode*) beschrieben und abgebildet und ist seine Construction aus Folgendem zu ersehen: Ueber jede der Platinschalen, die ganz flach sind, so daß die Säure nur etwa 10 Centimeter hoch in ihnen steht, ist eine mehrfach mit eisernen Ringen armirte bleierne Glocke gestürzt, die leicht gehoben werden kann, wenn man zur Platinschale gelangen will, und deren unterer Rand in eine Rinne aus Bleiblech taucht, in welcher sich die während des Ganges niedergeschlagene, schwache Destillatsäure ansammelt, so daß das Austreten von Dämpfen aus der Glocke durch einen hydraulischen Verschluß verhindert ist. Die Bleiglocke ist doppelwandig und zwischen den Wandungen circulirt Kühlwasser. Die aus der Schale entweichenden Säuredämpfe condensiren sich an der innern Wand der Glocke, die verdichtete schwache Säure fließt in die den hydraulischen Verschluß bewirkende Rinne hinab und gelangt aus dieser in ein nebenstehendes, mit Aräometer versehenes Gefäß, wo man ihre Concentration beobachtet; dahingegen werden die Wasserdämpfe, die sich unter der Glocke nicht condensiren, durch ein in der Decke der Glocke mündendes Rohr den Bleikammern zugeführt. Auch die Verbindungsstelle zwischen diesem Rohr und der Glocke befindet sich unter hydraulischem Verschluß. Die concentrirte heiße Säure wird mittelst eines Platinrohrs in einen zur Seite des Apparates stehenden Kühler geführt, welcher bei 1 Meter Durchmesser und etwa ebensoviel Höhe in 24 Stunden 100 Ballons Schwefelsäure (à 115 Kilo) zu kühlen vermag.

*) Dingler, polyt. Journ. 1874 Bd. 113 S. 204.

Die Säure trifft mit den Blei nur bei einer Temperatur unter 100° C. zusammen. Für Apparate von geringerer Production, von 60 bis 80 Centner täglich, wendet man zweckmäßig nur eine Schale an. Für höhere Production jedoch ist es besser, deren zwei oder mehrere in Anwendung zu bringen. Dabei stellt man die Schalen terrassenartig auf und läßt den Inhalt der einen in die folgende überfließen. Der Betrieb wird nach den Angaben des in der Destillatsäure befindlichen Aräometers geregelt. Wenn man zwei Schalen anwendet so zeigt die Destillatsäure von der ersten Schale nur 8 bis 10° B., von der zweiten 25° B. Das Destillat ist im Mittel von 17 bis 18° B., während man bei den Platinkesseln ein Destillat von 25 bis 30° B. hat. Die Menge dieses 17 bis 18 grädigen Destillats beträgt etwa 1/5 der producirten Säure oder 28 Procent ihres Gehaltes an 66 grädiger Säure. Die Productionsfähigkeit des Schalenapparats ist bedeutend größer als die der Kessel. Bereits sind Apparate mit einer Leistungsfähigkeit von 300 Centner 66 grädiger Säure in 24 Stunden im Gange, und die Erfinder machen sich anheischig, Apparate bis zu 600 Centner pro Tag anzulegen. Ein in Mülheim a./R. functionirender Apparat erfordert nur halb so viel Brennmaterial als die früher dort befindlichen Kessel, wobei noch zu beachten ist, daß ersterer noch einen Theil des für den Bleikammerbetrieb nöthigen Wasserdampfs liefert. Der wesentlich geringere Preis der Schalen, die Leichtigkeit, mit welcher dieselben zugänglich sind und Reparaturen ausgeführt werden können, sind fernere Vortheile, die dem Schalenapparat von Faure u. Keßler eine weitere Verbreitung zu sichern scheinen.

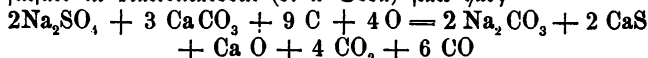
Soda.

Auf dem Gebiete der Sodafabrikation vollziehen sich gewaltige Umwälzungen. Kaum dürfte irgend ein Zweig der chemischen Technik namhaft zu machen sein, in welchem so viele wichtige Fortschritte zu constatiren sind wie in der Sodaindustrie. Wir berichten zunächst über mehrere Vervollkommnungen, welche das bisher fast allgemein angewandte Leblanc'sche Verfahren in seinem einzelnen Operation erfahren hat.

Man erinnert sich, daß das Leblanc'sche Verfahren im Wesentlichen in drei Hauptoperationen zerfällt, nämlich

1) Die Bereitung von Natronsulfat, welche durch Behandeln von Kochsalz mit Schwefelsäure bewirkt wird ($2\,NaCl + SO_4H_2 = Na_2SO_4 + 2\,HCl$).

2) Das Schmelzen des gewonnenen Natronsulfats mit kohlensaurem Kalk und Kohle, während dessen die etwa durch folgende Gleichung auszudrückende Ueberführung*) des Natronsulfats in Natroncarbont (d. i. Soda) statt hat;



$$2Na_2SO_4 + 3\,CaCO_3 + 9\,C + 4\,O = 2\,Na_2CO_3 + 2\,CaS + CaO + 4\,CO_2 + 6\,CO$$

3) Die Trennung des bei der zweiten Operation gebildeten kohlensauren Natrons von dem gleichzeitig entstandenen Schwefelcalcium und Kalk, welche durch einen Auslaugungsprozeß bewerkstelligt wird.

Was nun zunächst die erste der genannten drei Operationen betrifft, so wird allerdings die Zersetzung des Kochsalzes durch Schwefelsäure noch immerhin in denselben Oefen (sogenannten Sulfatöfen) vorgenommen, die bereits in jedem Lehrbuch der chemischen Technologie beschrieben und abgebildet sind. Nach Lunge**) welcher über die neuesten Fortschritte der Sodaindustrie in England sehr ausführlich berichtet, bedient man sich auch in England noch theils der Muffelöfen, in welchem sich die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Kochsalz in einer nur von außen durch die Flamme berührten Muffel vollzieht, theils der Flammenöfen, in welchen die Flamme unmittelbar über die mit Kochsalz und Schwefelsäure beschickte Heerdsoole hinweggeführt wird. In Deutschland sind hauptsächlich die Muffelöfen in Gebrauch. Dahingegen hat man die zur Condensation der entweichenden Salzsäure dienenden Apparate sehr wesentlich vervollkommnet. Theils der infolge des wachsenden Consums steigende Werth der Salzsäure, theils (wenigstens in England) verschärfte gesetzliche Bestimmungen haben hierzu Veranlassung gegeben. Zufolge eines seit dem April 1875 in England rechtskräftig gewordenen Amendements der Alkali-Acte v. J. 1864 sind die Sodafabriken gehalten, nicht nur wie bisher mindestens 95 Proc. der durch Zersetzung des Kochsalzes entwickelten Salzsäure zu

*) Specielleres ist in diesem Jahrbuche Bd. III S. 418 u. f. mitgetheilt.

**) Dingl. pol. Journ. 1874 Bd. 214 S. 464. u. 1875 Bd. 215 S. 54.

condensiren, sondern auch dafür zu sorgen, daß die aus der Fabrik durch den Schornstein oder sonst wie entweichende Luft nie mehr als 1/5 Grain (13 Milligram) Salzsäuregas im englischen Kubikfuß (28,315 Liter) enthält. Um nun eine möglichst vollständige Condensation zu erreichen, hat man zunächst die den Sulfatöfen entströmenden Gase möglichst zu kühlen und sie dann in den Condensationsgefäßen mit einer zur vollständigen Absorption der Salzsäure eben hinreichenden Menge Wasser in möglichst vielfache Berührung zu bringen, damit bei vollständiger Condensation auch eine möglichst concentrirte Säure entsteht. Dabei soll der Condensationsapparat thunlichst einfach sein. Diesen Anforderungen ist in erhöhtem Maaße zu entsprechen, wenn man nicht mit Muffelöfen, sondern mit Flammenöfen arbeitet, da aus den letzteren das Salzsäuregas mit den Feuergasen vermischt und somit nicht nur im verdünnten Zustande sondern auch mit sehr hoher Temperatur hervorgeht. Behufs der Abkühlung nun führt man die Gase neuerdings durch eine etwa 0,5 Meter weite, 40 bis 70 Meter lange Rohrleitung, der man, wenn es möglich ist, einen gleichmäßigen Fall von etwa 5 Centimeter pro Meter giebt. Bei mangelndem Raum führt man die Leitung abwechselnd auf und nieder. Sie wird nur durch die umgebende Luft gekühlt; so weit sie heiß bleibt, d. i. auf eine Länge von 15 bis 30 Meter, stellt man sie jetzt meist aus Gußeisen her, da dieses von heißen, trockenen Salzsäuredämpfen erfahrungsmäßig fast gar nicht angegriffen wird und ganz ausgezeichnet kühlend wirkt. Der übrige, von den Sulfatöfen sich weiter entfernende Theil der Rohrleitung wird aus mit Muffen versehenen Chamotterohren hergestellt, deren Verbindungsstellen durch einen Kitt aus Thon und Theer gut gedichtet sind. Die durch die Rohrleitung gut gekühlten Gase gelangen nun in die Condensationsapparate. Als solche finden nun zwar auch heute noch hier und da die bekannten Bonbonnes Anwendung; allein in England trifft man dieselben nirgends mehr an und auch bei uns begegnet man ihnen nur noch in geringerer Zahl, an ihre Stelle sind die Steintröge und der Cokethürme getreten.

Die Steintröge haben vor den Bonbonnes zunächst den Vorzug der Einfachheit und größeren Haltbarkeit, und weiter gestatten ihre beträchtlichen Diemensionen, den Kühlröhren den

obenbezeichneten großen Durchmesser zu geben und dieselben seitlich einzuführen, somit die vielen Kniee zu vermeiden, welche zur Verbindung der Bonbonnes nöthig sind; infolge dessen sind sie der Fortbewegung der Gase weniger hinderlich. Die Steintröge sind schon früher von Lunge*) aufs Genaueste beschrieben worden. Ihre Dimensionen variiren, doch ist es zweckmäßig sie, im Lichten gemessen, 2 Meter lang und 1 1/2 Meter breit und hoch herzustellen. In Deutschland findet man Tröge, welche aus einem einzigen Stück hergestellt sind, doch stellen sich diese bei größeren Dimensionen enorm theuer, übrigens springen sie leicht und sind dann kaum zu repariren; man setzt sie daher zweckmäßiger aus Steinplatten zusammen, die an einander gesetzt und durch Bolzen zusammengehalten werden. Geeignetes Material zur Herstellung der Tröge hat man in manchem harten Sandsteine gefunden, der bisweilen ohne jede Vorbereitung der Salzsäure genügenden Widerstand entgegensetzt, bisweilen aber allerdings durch Kochen mit Theer erst wiederstandsfähig gemacht werden muß. Zum Dichten der Fugen verwendet man Kautschukschnüre und einen aus Thon und Theer bereiteten Kitt. Man kann die Tröge mit Wasser speisen und die Flüssigkeit ablassen, wenn sie hinreichend mit Säure beladen ist; wenn eine größere Anzahl derselben vorhanden ist, kann man sie mit Heberröhren verbinden und einen Strom Wasser in ihnen dem Strome des Gases entgegenfließen lassen, ganz so wie es meist in den Bonbonnes geschieht. Unter der Voraussetzung daß auch Cokethürme, die sogleich näher besprochen werden sollen, vorhanden sind, werden drei Steintröge in den meisten Fällen genügen. In dem ersten verdichtet sich die aus den Sulfatöfen mit fortgerissene Schwefelsäure fast vollständig; er enthält also sehr unreine Säure, die meist in der Fabrik selbst bei der Chlorkalkbereitung zur Entwicklung von Chlor verwendet wird, während die folgenden eine hinreichend reine und starke, für den Handel geeignete Säure liefern.

In den Trögen oder Bonbonnes eine vollständige Condensation zu bewirken ist practisch nicht ausführbar, da hierzu eine außerordentlich große Anzahl derselben erforderlich sein würde; darum führt man die Dämpfe, nachdem sie die Tröge

*) Dingl. pol. Journ. Bd. 188 S. 308.

bezeichnet es in seinem Berichte über die während der letzten zehn Jahre in der Schwefelsäure-Industrie gemachten Fortschritte als immerhin bemerkenswerth, daß einige Fabriken ihre zur Erzeugung der schwefligen Säure dienenden Kiesöfen so abänderten, daß sie Schwefel statt des Kieses darin verbrennen konnten. Man ersetzte einfach die Roststäbe der Kiesöfen durch Gußplatten. Heidenreich in Hannover machte mit dieser Umwandlung den Anfang; aber auch in Stettin, Hamburg und andern Orten hat man in den letzten Jahren Schwefelsäure aus Schwefel dargestellt, während man früher Kies verwendete. Die während der Jahre 1871—73 sehr hohen Kiespreise gaben zu dieser allerdings nur vorübergehenden Erscheinung, Veranlassung, denn nachdem die Preise der Kiese gefallen, hat man in vielen Fabriken die Darstellung der Schwefelsäure aus Schwefel wieder aufgegeben. Welche enorme Ausdehnung bei alledem die Verwendung des Kieses in der Schwefelsäurefabrikation gewonnen hat, ergiebt sich deutlich aus den sehr ausführlichen Mittheilungen Hasenclever's über die Production und Einfuhr verschiedener Länder an Kiesen. Wir entnehmen denselben nur die folgenden selbstredenden Zahlen. England führte hauptsächlich aus Spanien, Portugal und Norwegen im Jahre 1862 wenig über 2 Millionen, im Jahre 1872 über 10 Millionen Centner Kiese ein. Die sämmtlichen preußischen Gruben förderten im Jahre 1862 noch nicht eine halbe Million, im Jahre 1872 fast 3 Millionen Centner Kiese. Man kann hieraus auf die Zunahme der Production und des Verbrauchs an Schwefelsäure schließen. Dieser Mehrverbrauch an Schwefelsäure ist theils durch die gesteigerte Fabrication von Soda, Pottasche, Mineraldünger &c. theils durch die Begründung ganz neuer Industriezweige, wie der künstlichen Darstellung des Alizarins, der Nitroglycerinfabrikation u. a. m. bedingt.

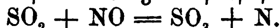
Die mehrfachen Verbesserungen, welche den Kiesröstöfen zu Theil wurden, entziehen sich hier leider der Besprechung, da solche ein zu specielles Eingehen auf die Construction der verschiedenen Röstöfen voraussetzen würde. Daher möge bezüglich derselben auf die ausführlichen, im Jahrgang 1874 des Dingler'schen polytechnischen Journals (Bd. 212 S. 54 u. Bd. 214 S. 117 u. 471) erschienenen Abhandlungen verwiesen sein.

Die Bemühnngen, den nun seit einem Jahrhundert benutzten, in den Bleikammern vor sich gehenden Prozeß theoretisch aufzuklären, um ihn in der Praxis zu vervollkommnen, nehmen ihren Fortgang. Einen Beitrag hierzu lieferte Kuhlmann. Schon Weber (Bd. III S. 308) hat darauf hingewiesen, daß die trotz Anwendung des Gay-Lussac'schen Thurms (Bd. X S. 241) statthabenden Verluste an Salpetersäure dadurch herbeigeführt werden möchten, daß die Salpetersäure, resp. salpetrige Säure in den Bleikammern unter Umständen durch die schweflige Säure nicht blos zu Stickoxyd sondern zu Stickoxydulgas reducirt werde. Da das Stickoxydulgas nicht im Stande ist, wie das Stickoxydgas, sich den Sauerstoff der atmosphärischen Luft anzueignen und dadurch in die höheren Oxyde des Stickstoffs wieder überzugehen, kann es zur weiteren Oxydation von schwefliger Säure nicht wieder nutzbar werden und bedingt daher einen Verlust an Salpetersäure. Nach Weber findet die Reduction der salpetrigen Säure zu Stickoxydulgas hauptsächlich dann statt, wenn sie bei Gegenwart von viel Wasser mit überschüssiger schwefliger Säure in Berührung kommt. Diese Beobachtungen Weber's sind bereits von P. W. Hofmann bestätigt worden (Bd. VII S. 310). Kuhlmann nun hat die Umstände, unter welchen Stickoxyd in Stickoxydul übergeht, weiter zu verfolgen gesucht und zugleich die Frage erörtert, ob das Stickoxydgas unter dem Einfluße der schwefligen Säure auch eine weitergehende Reduction zu freiem Stickstoff erfahren könne. Er theilt hierüber*) Folgendes mit:

„Zur Lösung dieser Fragen schien es zweckmäßig, nicht die Reactionen in der Bleikammer zu studiren, sondern direct die Einwirkung von schwefliger Säure auf Stickoxyd bei Abschluß der Luft einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. Die beiden Gase wirken immer mehr oder weniger auf einander ein, indem sich die schweflige Säure auf Kosten des Sauerstoffs des Stickoxydes zu Schwefelsäure oxydirt. Um zu sehen, wie weit die Desoxydation des Stickoxydes gehen kann, wurde ein Platinschwamm eingeführt, der bekanntlich die Reactionen zwischen gasförmigen Körpern wesentlich erleichtert. Das Stickoxyd kann

*) Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausstellung Bd. III Abthl. II S. 174.

auf diese Weise vollständig zu Stickstoff reducirt werden, indem sich die entsprechende Menge Schwefelsäure erzeugt



$$SO_2 + NO = SO_3 + N.$$

Aber auch ohne Platinschwamm vollzieht sich diese Reaction, obwohl nur unvollständig. Schon bei gewöhnlicher Temperatur bildet sich etwas Schwefelsäure und je höher die Temperatur steigt, desto energischer wirken die beiden Gase auf einander ein. Es ist möglich, daß sich vor der vollständigen Reduction des Stickoxyds zu Stickstoff zunächst Oxydul bildet; was aber bei diesen Fragen am meisten ins Gewicht fällt, ist, daß die Reduction nicht bei der Bildung von Stickstoffoxydul stehen bleibt. Wird schweflige Säure bei erhöhter Temperatur mit Stickstoffoxyd in Contact gebracht, so findet eine vollständige Reduction zu Stickstoff statt. Die Temperatur spielt also bei diesen Umsetzungen eine große Rolle. In der Schwefelsäurefabrikation ist deßhalb Sorge zu tragen, daß die Gase nicht bei zu hoher Temperatur auf einander einwirken und namentlich ist die Salpeterzersetzung in den heißen Gasen der Röstöfen absolut zu verwerfen. Werden zur Concentration der Kammersäure Glover'sche Thürme (Bd. X S. 241) angewandt, so müssen diese mit einer Säure gespeist werden, die möglichst frei ist von salpetriger Säure, denn sonst treten analoge Verhältnisse ein, wie bei der erwähnten Salpeterzersetzung, wo die Reduction zu weit geht."

Hierzu bemerkt Hasenclever: „In der That lassen die Verluste an Salpeter bei der vollständigen Absorption der salpetrigen Säure im Gay-Lussac'schen Thurme eine Reduction zu Stickstoffoxydul oder Stickstoff bei der Schwefelsäurefabrikation unter gewissen Umständen vermuthen. Zur Verwerthung der im Laboratorium gesammelten Erfahrungen für die Praxis wird es indessen noch nöthig sein zu ermitteln, bei welcher Concentration der Gase und bei welcher Temperatur die beschriebene Reduction stattfindet.

Kuhlmanns Beobachtungen mögen in vielen Fällen zutreffend sein; ganz allgemeine Geltung können sie indessen nicht haben, da gerade solche Fabriken ein Minimum von Salpeter verbrauchen, welche die Zersetzung desselben im Schwefelofen und in den vom Kiesbrenner zu den Bleikammern führenden Kanälen vornehmen."

Die im vorigen Jahrgange (S. 240) schon erwähnte

Methode der Concentration der Schwefelsäure in flachen Platin- oder Porzellanschalen von Faure und Kessler scheint mehr und mehr die Aufmerksamkeit der Fabrikanten auf sich zu ziehen. Ueber die bereits mehrfach im Gange befindlichen Apparate vernimmt man die günstigsten Urtheile. Daher mögen einige Verbesserungen, die man den Apparaten neuerdings zu Theil werden ließ, hier kurz erwähnt sein. Letztere bestehen hauptsächlich darin, daß man die Bd. X S. 240 erwähnte Kühlkammer, in welchen sich Destillatsäure von 26° B. verdichtete, durch eine bewegliche, über die Platinschale zu stürzende Glocke aus Blei ersetzt hat. Der verbesserte Apparat, den die Erfinder „Schalenapparat mit beweglicher Kammer zur Concentration von Schwefelsäure auf 60 u. 66° B." nennen, ist von Fr. Bode*) beschrieben und abgebildet und ist seine Construction aus Folgendem zu ersehen: Ueber jede der Platinschalen, die ganz flach sind, so daß die Säure nur etwa 10 Centimeter hoch in ihnen steht, ist eine mehrfach mit eisernen Ringen armirte bleierne Glocke gestürzt, die leicht gehoben werden kann, wenn man zur Platinschale gelangen will, und deren unterer Rand in eine Rinne aus Bleiblech taucht, in welcher sich die während des Ganges niedergeschlagene, schwache Destillatsäure ansammelt, so daß das Austreten von Dämpfen aus der Glocke durch einen hydraulischen Verschluß verhindert ist. Die Bleiglocke ist doppelwandig und zwischen den Wandungen circulirt Kühlwasser. Die aus der Schale entweichenden Säuredämpfe condensiren sich an der innern Wand der Glocke, die verdichtete schwache Säure fließt in die den hydraulischen Verschluß bewirkende Rinne hinab und gelangt aus dieser in ein nebenstehendes, mit Aräometer versehenes Gefäß, wo man ihre Concentration beobachtet; dahingegen werden die Wasserdämpfe, die sich unter der Glocke nicht condensiren, durch ein in der Decke der Glocke mündendes Rohr den Bleikammern zugeführt. Auch die Verbindungsstelle zwischen diesem Rohr und der Glocke befindet sich unter hydraulischem Verschluß. Die concentrirte heiße Säure wird mittelst eines Platinrohrs in einen zur Seite des Apparates stehenden Kühler geführt, welcher bei 1 Meter Durchmesser und etwa ebensoviel Höhe in 24 Stunden 100 Ballons Schwefelsäure (à 115 Kilo) zu kühlen vermag.

*) Dingler, polyt. Journ. 1874 Bd. 113 S. 204.

Die Säure trifft mit den Blei nur bei einer Temperatur unter 100° C. zusammen. Für Apparate von geringerer Production, von 60 bis 80 Centner täglich, wendet man zweckmäßig nur eine Schale an. Für höhere Production jedoch ist es besser, deren zwei oder mehrere in Anwendung zu bringen. Dabei stellt man die Schalen terrassenartig auf und läßt den Inhalt der einen in die folgende überfließen. Der Betrieb wird nach den Angaben des in der Destillatsäure befindlichen Aräometers geregelt. Wenn man zwei Schalen anwendet so zeigt die Destillatsäure von der ersten Schale nur 8 bis 10° B., von der zweiten 25° B. Das Destillat ist im Mittel von 17 bis 18° B., während man bei den Platinkesseln ein Destillat von 25 bis 30° B. hat. Die Menge dieses 17 bis 18 grädigen Destillats beträgt etwa 1/5 der producirten Säure oder 28 Procent ihres Gehaltes an 66 grädiger Säure. Die Productionsfähigkeit des Schalenapparats ist bedeutend größer als die der Kessel. Bereits sind Apparate mit einer Leistungsfähigkeit von 300 Centner 66 grädiger Säure in 24 Stunden im Gange, und die Erfinder machen sich anheischig, Apparate bis zu 600 Centner pro Tag anzulegen. Ein in Mülheim a./R. functionirender Apparat erfordert nur halb so viel Brennmaterial als die früher dort befindlichen Kessel, wobei noch zu beachten ist, daß ersterer noch einen Theil des für den Bleikammerbetrieb nöthigen Wasserdampfs liefert. Der wesentlich geringere Preis der Schalen, die Leichtigkeit, mit welcher dieselben zugänglich sind und Reparaturen ausgeführt werden können, sind fernere Vortheile, die dem Schalenapparat von Faure u. Keßler eine weitere Verbreitung zu sichern scheinen.

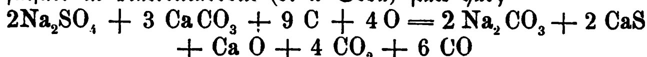
Soda.

Auf dem Gebiete der Sodafabrikation vollziehen sich gewaltige Umwälzungen. Kaum dürfte irgend ein Zweig der chemischen Technik namhaft zu machen sein, in welchem so viele wichtige Fortschritte zu constatiren sind wie in der Sodaindustrie. Wir berichten zunächst über mehrere Vervollkommnungen, welche das bisher fast allgemein angewandte Leblanc'sche Verfahren in seinem einzelnen Operation erfahren hat.

Man erinnert sich, daß das Leblanc'sche Verfahren im Wesentlichen in drei Hauptoperationen zerfällt, nämlich

1) Die Bereitung von Natronsulfat, welche durch Behandeln von Kochsalz mit Schwefelsäure bewirkt wird ($2\,NaCl + SO_4H_2 = Na_2SO_4 + 2\,HCl$).

2) Das Schmelzen des gewonnenen Natronsulfats mit kohlensaurem Kalk und Kohle, während dessen die etwa durch folgende Gleichung auszudrückende Ueberführung*) des Natronsulfats in Natroncarbont (d. i. Soda) statt hat;



$$2Na_2SO_4 + 3\,CaCO_3 + 9\,C + 4\,O = 2\,Na_2CO_3 + 2\,CaS + Ca\,O + 4\,CO_2 + 6\,CO$$

3) Die Trennung des bei der zweiten Operation gebildeten kohlensauren Natrons von dem gleichzeitig entstandenen Schwefelcalcium und Kalk, welche durch einen Auslaugungsprozeß bewerkstelligt wird.

Was nun zunächst die erste der genannten drei Operationen betrifft, so wird allerdings die Zersetzung des Kochsalzes durch Schwefelsäure noch immerhin in denselben Oefen (sogenannten Sulfatöfen) vorgenommen, die bereits in jedem Lehrbuch der chemischen Technologie beschrieben und abgebildet sind. Nach Lunge**) welcher über die neuesten Fortschritte der Sodaindustrie in England sehr ausführlich berichtet, bedient man sich auch in England noch theils der Muffelöfen, in welchem sich die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Kochsalz in einer nur von außen durch die Flamme berührten Muffel vollzieht, theils der Flammenöfen, in welchen die Flamme unmittelbar über die mit Kochsalz und Schwefelsäure beschickte Heerdsoole hinweggeführt wird. In Deutschland sind hauptsächlich die Muffelöfen in Gebrauch. Dahingegen hat man die zur Condensation der entweichenden Salzsäure dienenden Apparate sehr wesentlich vervollkommnet. Theils der infolge des wachsenden Consums steigende Werth der Salzsäure, theils (wenigstens in England) verschärfte gesetzliche Bestimmungen haben hierzu Veranlassung gegeben. Zufolge eines seit dem April 1875 in England rechtskräftig gewordenen Amendements der Alkali-Acte v. J. 1864 sind die Sodafabriken gehalten, nicht nur wie bisher mindestens 95 Proc. der durch Zersetzung des Kochsalzes entwickelten Salzsäure zu

*) Specielleres ist in diesem Jahrbuche Bd. III S. 418 u. f. mitgetheilt.

**) Dingl. pol. Journ. 1874 Bd. 214 S. 464. u. 1875 Bd. 215 S. 54.

condensiren, sondern auch dafür zu sorgen, daß die aus der Fabrik durch den Schornstein oder sonst wie entweichende Luft nie mehr als 1/5 Grain (13 Milligram) Salzsäuregas im englischen Kubikfuß (28,315 Liter) enthält. Um nun eine möglichst vollständige Condensation zu erreichen, hat man zunächst die den Sulfatöfen entströmenden Gase möglichst zu kühlen und sie dann in den Condensationsgefäßen mit einer zur vollständigen Absorption der Salzsäure eben hinreichenden Menge Wasser in möglichst vielfache Berührung zu bringen, damit bei vollständiger Condensation auch eine möglichst concentrirte Säure entsteht. Dabei soll der Condensationsapparat thunlichst einfach sein. Diesen Anforderungen ist in erhöhtem Maaße zu entsprechen, wenn man nicht mit Muffelöfen, sondern mit Flammenöfen arbeitet, da aus den letzteren das Salzsäuregas mit den Feuergasen vermischt und somit nicht nur im verdünnten Zustande sondern auch mit sehr hoher Temperatur hervorgeht. Behufs der Abkühlung nun führt man die Gase neuerdings durch eine etwa 0,5 Meter weite, 40 bis 70 Meter lange Rohrleitung, der man, wenn es möglich ist, einen gleichmäßigen Fall von etwa 5 Centimeter pro Meter giebt. Bei mangelndem Raum führt man die Leitung abwechselnd auf und nieder. Sie wird nur durch die umgebende Luft gekühlt; so weit sie heiß bleibt, d. i. auf eine Länge von 15 bis 30 Meter, stellt man sie jetzt meist aus Gußeisen her, da dieses von heißen, trockenen Salzsäuredämpfen erfahrungsmäßig fast gar nicht angegriffen wird und ganz ausgezeichnet kühlend wirkt. Der übrige, von den Sulfatöfen sich weiter entfernende Theil der Rohrleitung wird aus mit Muffen versehenen Chamotterohren hergestellt, deren Verbindungsstellen durch einen Kitt aus Thon und Theer gut gedichtet sind. Die durch die Rohrleitung gut gekühlten Gase gelangen nun in die Condensationsapparate. Als solche finden nun zwar auch heute noch hier und da die bekannten Bonbonnes Anwendung; allein in England trifft man dieselben nirgends mehr an und auch bei uns begegnet man ihnen nur noch in geringerer Zahl, an ihre Stelle sind die Steintröge und der Coksthürme getreten.

Die Steintröge haben vor den Bonbonnes zunächst den Vorzug der Einfachheit und größeren Haltbarkeit, und weiter gestatten ihre beträchtlichen Diemensionen, den Kühlröhren den

obenbezeichneten großen Durchmesser zu geben und dieselben seitlich einzuführen, somit die vielen Kniee zu vermeiden, welche zur Verbindung der Bonbonnes nöthig sind; infolge dessen sind sie der Fortbewegung der Gase weniger hinderlich. Die Steintröge sind schon früher von Lunge*) aufs Genaueste beschrieben worden. Ihre Dimensionen variiren, doch ist es zweckmäßig sie, im Lichten gemessen, 2 Meter lang und 1 1/2 Meter breit und hoch herzustellen. In Deutschland findet man Tröge, welche aus einem einzigen Stück hergestellt sind, doch stellen sich diese bei größeren Dimensionen enorm theuer, übrigens springen sie leicht und sind dann kaum zu repariren; man setzt sie daher zweckmäßiger aus Steinplatten zusammen, die an einander gesetzt und durch Bolzen zusammengehalten werden. Geeignetes Material zur Herstellung der Tröge hat man in manchem harten Sandsteine gefunden, der bisweilen ohne jede Vorbereitung der Salzsäure genügenden Widerstand entgegensetzt, bisweilen aber allerdings durch Kochen mit Theer erst wiederstandsfähig gemacht werden muß. Zum Dichten der Fugen verwendet man Kautschukschnüre und einen aus Thon und Theer bereiteten Kitt. Man kann die Tröge mit Wasser speisen und die Flüssigkeit ablassen, wenn sie hinreichend mit Säure beladen ist; wenn eine größere Anzahl derselben vorhanden ist, kann man sie mit Heberröhren verbinden und einen Strom Wasser in ihnen dem Strome des Gases entgegenfließen lassen, ganz so wie es meist in den Bonbonnes geschieht. Unter der Voraussetzung daß auch Cokethürme, die sogleich näher besprochen werden sollen, vorhanden sind, werden drei Steintröge in den meisten Fällen genügen. In dem ersten verdichtet sich die aus den Sulfatöfen mit fortgerissene Schwefelsäure fast vollständig; er enthält also sehr unreine Säure, die meist in der Fabrik selbst bei der Chlorkalkbereitung zur Entwicklung von Chlor verwendet wird, während die folgenden eine hinreichend reine und starke, für den Handel geeignete Säure liefern.

In den Trögen oder Bonbonnes eine vollständige Condensation zu bewirken ist practisch nicht ausführbar, da hierzu eine außerordentlich große Anzahl derselben erforderlich sein würde; darum führt man die Dämpfe, nachdem sie die Tröge

---

*) Dingl. pol. Journ. Bd. 188 S. 308.

passirt haben noch durch die sogenannten Kokethürme oder „Condensationsthürme“, mit Hilfe deren eine fast complete Condensation zu erreichen ist und die daher, seit sie zuerst von Gossage in Anwendung gebracht wurden, eine sehr allgemeine Verbreitung gefunden haben. Die Condensationsthürme sind mit Kokestücken oder auch mit durchbohrten Chamottesteinen oder mit beiden, d. h. in dem unteren Theile mit Chamotteziegeln, im oberen mit Koke so angefüllt, daß zwischen den Koke- resp. Chamottestücken genügende Zwischenräume bleiben um den Gasen den Durchgang zu gestatten. Der Inhalt der Thürme ruht auf einem in geringem Abstande von der Sohle befindlichen, steinernen Roste. Während die unter dem Roste eintretenden Gase den Thurm in der Richtung von unten nach oben durchstreichen, läßt man Wasser über die porösen Koke- resp. Chamottemassen hinabrieseln, welches den ihm begegnenden Gasstrom die löslichen Sauerstoffdämpfe sehr vollkommen entzieht. Die unten ankommende salzsaure Flüssigkeit fließt nach den Sammelbassins; die oben austretenden Gase gelangen entweder direct ins Freie oder werden zweckmäßiger durch ein abwärtsgehendes Rohr einem hohen Schornstein zugeleitet der sie in hochgelegene Luftschichten abführt. Die Dimensionen der Thürme variiren sehr, je nachdem man nur einen Thurm oder mehrere hintereinander in Anwendung bringt, je nach der Größe der Chargen, je nachdem man Muffel- oder Flammenöfen hat 2c. Lunge beschreibt (a. a. O.) eine Condensationseinrichtung wie sie vollkommen zur absoluten Condensation der Salzsäure aus zwei englischen Muffelöfen ausreicht, die pro Woche durchschnittlich 80 Tonnen wasserfreies Natronsulfat produciren. Diese Anlage besteht aus drei Trögen und zwei 14 Meter hohen Türmen, deren erster 2,1 Meter, deren zweiter nur 1,2 Meter im Quadrat lichte Weite hat. Ein Röhrenstrang verbindet den oberen Theil des ersten Thurmes mit dem unteren Theil des zweiten, sodaß die Gase successiv in beiden Thürmen dem herabfließenden Wasser entgegen strömen. Aus dem zweiten Thurme tritt das Gas wieder oben aus und geht durch einen zweiten abwärts geführten Röhrenstrang in einen unterirdischen Zugcanal über, welcher mit dem Schornstein in Verbindung steht. In diesem muß ein Schieber angebracht sein, welcher die Regulirung des Zugs durch die Thürme gestattet. Solche Schie-

der werden zweckmäßig aus dickem Glas hergestellt. Der erste Thurm dient als Hauptcondensator, der zweite wird als Waschthurm (flushing tower) bezeichnet und liefert nur eine schwach saure, am Baumé'schen Aräometer noch nicht 1° zeigende Flüssigkeit, die man häufig wegfließen läßt oder auch zum Speisen der Tröge oder Bonbonnes verwendet. Die im ersten Thurm abfließende, meist etwas verunreinigte Säure wird zweckmäßig mit der im ersten Trog gewonnenen gemischt bei der Chlorkalkfabrikation verwendet. Die Construction der Thürme (als Mörtel dient wieder ein Gemenge von Thon und Theer), das Einschichten der Koke, die Einführung und Vertheilung des Wassers erfordern viel Sorgfalt. — Die Einschaltung von Steintrögen zwischen den Oefen und Kokethürmen ist nicht unbedingt nothwendig, da sich auch ohne die ersteren eine vollkommene Condensation der Salzsäure erzielen läßt. Doch erweisen sich die Tröge als vortheilhaft, da man wenigstens im zweiten und dritten Trog eine sehr reine und zugleich eine starke Säure, von 21 bis 22° B., wie sie im Handel verlangt wird, gewinnt, während bei alleiniger Anwendung von Kokethürmen eine Säure von höchstens 17 bis 18° B. resultirt.

Augenblicklich erregt in England die neue Condensationsmethode von Newall und Bowman einiges Aufsehen. Nach dieser werden die Gase in Steintröge von der gewöhnlichen Bauart eingeführt, welche etwa 1,8 Meter im Quadrat halten und 0,6 Meter hoch sind. Hier begegnet das Gas einem äußerst fein vertheilten Wasserstrahl, welcher den ganzen Raum des Troges mit einem feinen Nebel erfüllt, und die Salzsäuredämpfe mit größter Schnelligkeit und Vollständigkeit absorbirt, sodaß 12 solcher Strahlen zur vollständigen Condensation der Dämpfe von vier Sulfatöfen ausreichen sollen. Dabei entwickelt sich allerdings große Hitze, da die latente Wärme des Salzsäuredampfes frei wird. Daher ist es nöthig, das Gas mittelst einer Anzahl verhältnißmäßig enger Röhren ein- und auszuführen, ferner, um möglichst große Kühlfläche zu erlangen, diese Röhren zwischen je zwei Trögen mehrfach auf- und niederzuführen, und endlich hinter dem letzten Troge noch einen kleinen Condensationsthurm mit Kokefüllung anzubringen. Letzteren braucht man indessen nur ein Viertel so groß als bei dem bisherigen System zu machen, und gewinnt dabei fast die ganze

Säure in einer Stärke von circa 20° B. Die Hauptsache bei dem Verfahren ist die Erzeugung eines genügend feinem, dunstartigen Strahles, welcher dadurch erhalten wird, daß man Wasser unter einem Drucke von nahezu 3 Atmosphären durch eine Platinspitze von 1 1/2 Millimeter Oeffnung gegen einen kleinen, scheibenförmigen Platinknopf ausströmen läßt, welcher wenige Millimeter unter der Ausströmungsöffnung angebracht ist, und an welchem der Wasserstrahl unter vollständiger Zerstäubung zurückprallt. Es ist abzuwarten, ob diese Vorrichtung im Stande ist, die größeren Kokethürme zu verdrängen, doch scheint ohne weiteres klar, daß der beschriebene Dunststrahlapparat wenigstens als Hilfsapparat sehr nützliche Dienste leisten kann.

Noch wichtiger als die im Vorhergehenden besprochenen Verbesserungen der Sulfatfabrikation verspricht eine im Gebiete der Sodaindustrie mehr und mehr Boden gewinnende Neuerung zu werden, welche möglicher Weise nicht nur eine Verbannung der jetzt üblichen Sulfatöfen aus den Sodafabriken zur Folge haben, sondern zugleich die Fabrikation der Schwefelsäure, soweit diese als Rohmaterial für die Sulfatfabrikation dient, als völlig entbehrlich erscheinen lassen wird. Dies ist das Hargreaves'sche Verfahren der Sulfatbereitung. Nach Hargreaves bedarf man zur Zersetzung des Kochsalzes nicht unbedingt der Schwefelsäure; die Zersetzung erfolgt auch unter Bildung von Sulfat und Entwicklung von Salzsäure, wenn man auf das Kochsalz ein Gemisch von Wasserdampf, Luft und schwefliger Säure (letztere durch Rösten von Kies erzeugt) bei eben beginnender, dunkler Rothgluth, d. i. bei etwa 450° C einwirken läßt. Lunge*) theilt mit, daß schon jetzt vier große Sodafabriken in Lancashire ihr Sulfat nach Hargreaves'schem System bereiten, daß drei andere dies System einzuführen im Begriff stehen, und daß kaum ein englischer Sodafabrikant daran denken würde, eine neue Sulfatfabrik nach altem Style einzurichten. Manche Schwierigkeit war zu überwinden, ehe das neue Verfahren für practisch verwendbar gelten konnte; eine der größten war die, dem Kochsalze einen hinreichenden Grad von Porosität zu geben, um es für die Gase vollkommen permeabel zu machen. Das Kochsalz muß in Form von Klumpen ange-

*) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215 S. 62.

wendet werden, und diese müssen hinreichend consistent sein, um den Druck der daraufliegenden Masse zu ertragen, und doch so porös, daß sie ganz und gar in Sulfat umgewandelt werden können. Hargreaves erreicht dies dadurch, daß er das Salz anfeuchtet und dann auf eisernen Platten sehr langsam austrocknen läßt, wobei sich Klumpen bilden, welche durch eine Brechmaschine mit cannelirten Walzen passend zerkleinert werden. Dabei giebt es freilich viel Abfall von Grus und Staub, welcher dem Anfeuchtungs- und Trockenprocesse von Neuem unterworfen werden muß. Die auf ziemlich gleiche Korngröße gebrachten Salzklumpen werden in große eiserne Cylinder gebracht, von welchen eine ganze Batterie in der Art mit einander verbunden ist, daß sowohl die sie umgebenden Feuerzüge, als auch die Gascanäle von einem zu dem andern gehen, und jeder von ihnen sowohl zur ersten Eintritts- als auch zur letzten Austrittsstelle gemacht werden kann. Das Gas tritt immer oben in den Cylinder ein und unten wieder aus. Ursprünglich waren die Cylinder 3 Meter weit und hoch und faßten je 14 Tonnen Sulfat; in neurer Zeit werden sie 4,5 Meter weit und 3,6 Meter hoch gemacht, so daß sie 40 Tonnen Sulfat aufnehmen. Sie sind ringsum mit Feuerzügen umgeben, um auf einer Temperatur von etwa 450° C erhalten zu werden, da unter dieser Temperatur die Gase nicht auf das Chlornatrium reagiren. Die Fortbewegung der Gase innerhalb der Cylinder wird durch einen mechanischen Exhaustor bewirkt, dessen Lager durch Wasser gekühlt werden. Uebrigens haben die Patentträger Hargreaves und Robinson in der Construction dieser Cylinder und der an diesen angebrachten Montirungen, Zügen, Verbindungen ꝛc. unaufhörlich Verbesserungen angebracht, die noch keinesfalls abgeschlossen sind. Um den Apparat in Betrieb zu setzen, wird zunächst der Inhalt des ersten, mit frischem Salze beschickten Cylinders gehörig erhitzt, indem man die Feuergase in das Innere eintreten läßt. Ist eine hinreichende Temperatur erzielt, so sperrt man die Feuerungsgase von dem Innern des Cylinders ab und läßt nun die von den Kiesöfen kommende Säure, gemischt mit überschüssiger atmosphärischer Luft und Wasserdampf, in den Cylinder eintreten und aus demselben in den zweiten, inzwischen ebenfalls vorbereiteten Cylinder gelangen, und so durch die ganze Bat-

terie hindurch. Wenn das Verfahren einmal in regelmäßigem Betrieb ist, so stellt sich die Sache natürlich so, daß das frische Gas auf eine schon größtentheils in Sulfat verwandelte Masse trifft, während das in den letzten Cylinder gelangende, schon fast gänzlich erschöpfte Gas auf frisches Kochsalz wirkt. Die Verdünnung mit atmosphärischer Luft wird so gehalten, daß die Gasmischung etwa 8 Volumenprocent schweflige Säure enthält; der Wasserdampf hat eine Spannung von 6 Atmosphären. Wenn der Inhalt des ersten Cylinders soweit als möglich in Sulfat umgewandelt ist, so schaltet man ihn aus der Leitung aus, läßt also den Gasstrom direct in den nächsten Cylinder eintreten, dessen Inhalt schon fast vollkommen umgewandelt ist, treibt dann wieder Feuergase durch den ersten Cylinder, um die in ihm befindliche schweflige Säure zu entfernen, und entleert ihn. Die Masse hat während der chemischen Umwandlung ihre Klumpenform bewahrt. Es ist selbstverständlich, daß das aus dem letzten Cylinder entweichende Gas, welches an Stelle der schwefligen Säure Salzsäure enthält, behufs der Gewinnung der letzteren in einen Condensator geführt wird. Die Condensation vollzieht sich trotz der Verdünnung der Gase mit Stickstoff und überschüssiger Luft leicht, da die Entwicklung des Salzsäuregases ganz stetig und gleichmäßig vor sich geht, während sie bei der gewöhnlichen Sulfatfabrikation stoßweise erfolgt, und hierauf beruht ein wesentlicher Vortheil des Verfahrens. Die Gase unmittelbar zur Deacon'schen Chlorbereitung zu verwenden, ist allerdings der Verdünnung wegen unthunlich, doch erhält man durch eine geeignete Condensation leicht eine flüssige Säure von 19—20° B. (= 1,16 spec. Gew.) Wollte man die schweflige Säure ohne Zuführung „überschüssiger" Luft auf frisches Kochsalz einwirken lassen, so würde infolge der beträchtlichen Wärmeentwicklung, welche die Reaction begleitet und den Prozeß unterstützt, das Salz schmelzen, dabei natürlich seine Porosität verlieren und die Bewegung hemmen. Man muß daher die Temperatur der Cylinder beobachten und nach Bedarf mehr Luft zulassen. Auch die Zulassung des Wasserdampfes muß genau regulirt werden; es ist vorgeschrieben, daß im Liter des austretenden Gases noch ein Ueberschuß von 23 bis 27 Milligr. Wasserdampf enthalten sein soll. Der Verlust an schwefliger Säure soll höchstens

2 Proc. betragen, würde also wesentlich geringer sein als bei dem alten Verfahren, für welches sich die Verluste in der Bleikammer zu den bei der Sulfatbereitung stattfindenden addiren. Das Sulfat soll nach Hargreaves'scher Methode auf 98 Proc. zu bringen sein und von einer bedeutenden Fabrik fast regelmäßig in dieser Stärke geliefert werden. Der Gesammtverbrauch an Brennmaterial ist ein hoher, denn es soll ein dem gewonnenen Sulfat nahezu gleiches Kohlenquantum verbraucht werden. Ein weiterer Uebelstand des Hargreaves'schen Verfahrens beruht darauf, daß zur Vollendung der Reaction eine sehr lange Zeit, nämlich 14 Tage bis 3 Wochen, erforderlich ist. Man hat daher, um eine ansehnliche Production zu erreichen, die Zahl der Cylinder erst von 6 auf 12 vermehrt und spricht jetzt selbst von 20 Cylindern für größere Anlagen. Doch sollen einige Fabriken pro Woche bereits 115 Tonnen und mehr Sulfat nach Hargreaves'schen Verfahren produciren.

Im Allgemeinen bietet das besprochene Verfahren demnach folgende Vortheile: Ersparung des Salpeters, Erzeugung hochgrädigen Sulfats, Anwendung weniger geschickter, also leichter zu beschaffender Arbeitskräfte, Vermeidung des Entweichens von Gasen (da der Exhaustor durch etwaige undichte Stellen des Apparats Luft einsaugen würde), stetige Entwicklung und leichte Condensation der Salzsäure, sehr geringer Verlust an Schwefel und somit größerer Ertrag. Die Schattenseiten dagegen sind: größere Anlagekosten, größerer Kohlenverbrauch, höherer Gesammtarbeitslohn (obwohl im Einzelnen weniger hoch bezahlt). Ohne Zweifel werden sich diese Schattenseiten bei fortschreitenden Erfahrungen noch mehr oder weniger vermindern lassen.

Was nun die zweite Hauptoperation des Leblanc'schen Verfahrens, d. i. die Ueberführung des Natronsulfats in Natroncarbonat (kohlensaures Natron), betrifft, so muß man es nach Lunge als wichtigstes Ergebniß der Erfahrungen der letzten Jahre bezeichnen, daß die Frage, „ob durch Handarbeit betriebene Schmelzöfen alten Styls oder rotirende Cylinderöfen den Vorzug verdienen?“ jetzt definitiv zu Gunsten der letzteren entschieden ist.

Der rotirende Sodaofen besteht aus einem auf Frictionsrollen ruhenden Cylinder aus starkem Kesselblech, welcher mit feuerfesten Ziegeln ausgefüttert und so aufgestellt ist, daß die

bezeichnet es in seinem Berichte über die während der letzten zehn Jahre in der Schwefelsäure-Industrie gemachten Fortschritte als immerhin bemerkenswerth, daß einige Fabriken ihre zur Erzeugung der schwefligen Säure dienenden Kiesöfen so abänderten, daß sie Schwefel statt des Kieses darin verbrennen konnten. Man ersetzte einfach die Roststäbe der Kiesöfen durch Gußplatten. Heidenreich in Hannover machte mit dieser Umwandlung den Anfang; aber auch in Stettin, Hamburg und andern Orten hat man in den letzten Jahren Schwefelsäure aus Schwefel dargestellt, während man früher Kies verwendete. Die während der Jahre 1871—73 sehr hohen Kiespreise gaben zu dieser allerdings nur vorübergehenden Erscheinung, Veranlassung, denn nachdem die Preise der Kiese gefallen, hat man in vielen Fabriken die Darstellung der Schwefelsäure aus Schwefel wieder aufgegeben. Welche enorme Ausdehnung bei alledem die Verwendung des Kieses in der Schwefelsäurefabrikation gewonnen hat, ergiebt sich deutlich aus den sehr ausführlichen Mittheilungen Hasenclever's über die Production und Einfuhr verschiedener Länder an Kiesen. Wir entnehmen denselben nur die folgenden selbstredenden Zahlen. England führte hauptsächlich aus Spanien, Portugal und Norwegen im Jahre 1862 wenig über 2 Millionen, im Jahre 1872 über 10 Millionen Centner Kiese ein. Die sämmtlichen preußischen Gruben förderten im Jahre 1862 noch nicht eine halbe Million, im Jahre 1872 fast 3 Millionen Centner Kiese. Man kann hieraus auf die Zunahme der Production und des Verbrauchs an Schwefelsäure schließen. Dieser Mehrverbrauch an Schwefelsäure ist theils durch die gesteigerte Fabrication von Soda, Pottasche, Mineraldünger 2c. theils durch die Begründung ganz neuer Industriezweige, wie der künstlichen Darstellung des Alizarins, der Nitroglycerinfabrikation u. a. m. bedingt.

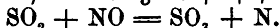
Die mehrfachen Verbesserungen, welche den Kiesröstöfen zu Theil wurden, entziehen sich hier leider der Besprechung, da solche ein zu specielles Eingehen auf die Construction der verschiedenen Röstöfen voraussetzen würde. Daher möge bezüglich derselben auf die ausführlichen, im Jahrgang 1874 des Dingler'schen polytechnischen Journals (Bd. 212 S. 54 u. Bd. 214 S. 117 u. 471) erschienenen Abhandlungen verwiesen sein.

Die Bemühnngen, den nun seit einem Jahrhundert benutzten, in den Bleikammern vor sich gehenden Prozeß theoretisch aufzuklären, um ihn in der Praxis zu vervollkommnen, nehmen ihren Fortgang. Einen Beitrag hierzu lieferte Kuhlmann. Schon Weber (Bd. III S. 308) hat darauf hingewiesen, daß die trotz Anwendung des Gay-Lussac'schen Thurms (Bd. X S. 241) statthabenden Verluste an Salpetersäure dadurch herbeigeführt werden möchten, daß die Salpetersäure, resp. salpetrige Säure in den Bleikammern unter Umständen durch die schweflige Säure nicht blos zu Stickoxyd sondern zu Stickoxydulgas reducirt werde. Da das Stickoxydulgas nicht im Stande ist, wie das Stickoxydgas, sich den Sauerstoff der atmosphärischen Luft anzueignen und dadurch in die höheren Oxyde des Stickstoffs wieder überzugehen, kann es zur weiteren Oxydation von schwefliger Säure nicht wieder nutzbar werden und bedingt daher einen Verlust an Salpetersäure. Nach Weber findet die Reduction der salpetrigen Säure zu Stickoxydulgas hauptsächlich dann statt, wenn sie bei Gegenwart von viel Wasser mit überschüssiger schwefliger Säure in Berührung kommt. Diese Beobachtungen Weber's sind bereits von P. W. Hofmann bestätigt worden (Bd. VII S. 310). Kuhlmann nun hat die Umstände, unter welchen Stickoxyd in Stickoxydul übergeht, weiter zu verfolgen gesucht und zugleich die Frage erörtert, ob das Stickoxydgas unter dem Einfluße der schwefligen Säure auch eine weitergehende Reduction zu freiem Stickstoff erfahren könne. Er theilt hierüber*) Folgendes mit:

„Zur Lösung dieser Fragen schien es zweckmäßig, nicht die Reactionen in der Bleikammer zu studiren, sondern direct die Einwirkung von schwefliger Säure auf Stickoxyd bei Abschluß der Luft einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. Die beiden Gase wirken immer mehr oder weniger auf einander ein, indem sich die schweflige Säure auf Kosten des Sauerstoffs des Stickoxydes zu Schwefelsäure oxydirt. Um zu sehen, wie weit die Desoxydation des Stickoxydes gehen kann, wurde ein Platinschwamm eingeführt, der bekanntlich die Reactionen zwischen gasförmigen Körpern wesentlich erleichtert. Das Stickoxyd kann

*) Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausstellung Bd. III Abthl. II S. 174.

auf diese Weise vollständig zu Stickstoff reducirt werden, indem sich die entsprechende Menge Schwefelsäure erzeugt



$$SO_2 + NO = SO_3 + N.$$

Aber auch ohne Platinschwamm vollzieht sich diese Reaction, obwohl nur unvollständig. Schon bei gewöhnlicher Temperatur bildet sich etwas Schwefelsäure und je höher die Temperatur steigt, desto energischer wirken die beiden Gase auf einander ein. Es ist möglich, daß sich vor der vollständigen Reduction des Stickoxyds zu Stickstoff zunächst Oxydul bildet; was aber bei diesen Fragen am meisten ins Gewicht fällt, ist, daß die Reduction nicht bei der Bildung von Stickstoffoxydul stehen bleibt. Wird schweflige Säure bei erhöhter Temperatur mit Stickstoffoxyd in Contact gebracht, so findet eine vollständige Reduction zu Stickstoff statt. Die Temperatur spielt also bei diesen Umsetzungen eine große Rolle. In der Schwefelsäurefabrikation ist deßhalb Sorge zu tragen, daß die Gase nicht bei zu hoher Temperatur auf einander einwirken und namentlich ist die Salpeterzersetzung in den heißen Gasen der Röstöfen absolut zu verwerfen. Werden zur Concentration der Kammersäure Glover'sche Thürme (Bd. X S. 241) angewandt, so müssen diese mit einer Säure gespeist werden, die möglichst frei ist von salpetriger Säure, denn sonst treten analoge Verhältnisse ein, wie bei der erwähnten Salpeterzersetzung, wo die Reduction zu weit geht."

Hierzu bemerkt Hasenclever: „In der That lassen die Verluste an Salpeter bei der vollständigen Absorption der salpetrigen Säure im Gay-Lussac'schen Thurme eine Reduction zu Stickstoffoxydul oder Stickstoff bei der Schwefelsäurefabrikation unter gewissen Umständen vermuthen. Zur Verwerthung der im Laboratorium gesammelten Erfahrungen für die Praxis wird es indessen noch nöthig sein zu ermitteln, bei welcher Concentration der Gase und bei welcher Temperatur die beschriebene Reduction stattfindet.

Kuhlmanns Beobachtungen mögen in vielen Fällen zutreffend sein; ganz allgemeine Geltung können sie indessen nicht haben, da gerade solche Fabriken ein Minimum von Salpeter verbrauchen, welche die Zersetzung desselben im Schwefelofen und in den vom Kiesbrenner zu den Bleikammern führenden Kanälen vornehmen."

Die im vorigen Jahrgange (S. 240) schon erwähnte

Methode der Concentration der Schwefelsäure in flachen Platin- oder Porzellanschalen von Faure und Kessler scheint mehr und mehr die Aufmerksamkeit der Fabrikanten auf sich zu ziehen. Ueber die bereits mehrfach im Gange befindlichen Apparate vernimmt man die günstigsten Urtheile. Daher mögen einige Verbesserungen, die man den Apparaten neuerdings zu Theil werden ließ, hier kurz erwähnt sein. Letztere bestehen hauptsächlich darin, daß man die Bd. X S. 240 erwähnte Kühlkammer, in welchen sich Destillatsäure von 26° B. verdichtete, durch eine bewegliche, über die Platinschale zu stürzende Glocke aus Blei ersetzt hat. Der verbesserte Apparat, den die Erfinder „Schalenapparat mit beweglicher Kammer zur Concentration von Schwefelsäure auf 60 u. 66° B.“ nennen, ist von Fr. Bode*) beschrieben und abgebildet und ist seine Construction aus Folgendem zu ersehen: Ueber jede der Platinschalen, die ganz flach sind, so daß die Säure nur etwa 10 Centimeter hoch in ihnen steht, ist eine mehrfach mit eisernen Ringen armirte bleierne Glocke gestürzt, die leicht gehoben werden kann, wenn man zur Platinschale gelangen will, und deren unterer Rand in eine Rinne aus Bleiblech taucht, in welcher sich die während des Ganges niedergeschlagene, schwache Destillatsäure ansammelt, so daß das Austreten von Dämpfen aus der Glocke durch einen hydraulischen Verschluß verhindert ist. Die Bleiglocke ist doppelwandig und zwischen den Wandungen circulirt Kühlwasser. Die aus der Schale entweichenden Säuredämpfe condensiren sich an der innern Wand der Glocke, die verdichtete schwache Säure fließt in die den hydraulischen Verschluß bewirkende Rinne hinab und gelangt aus dieser in ein nebenstehendes, mit Aräometer versehenes Gefäß, wo man ihre Concentration beobachtet; dahingegen werden die Wasserdämpfe, die sich unter der Glocke nicht condensiren, durch ein in der Decke der Glocke mündendes Rohr den Bleikammern zugeführt. Auch die Verbindungsstelle zwischen diesem Rohr und der Glocke befindet sich unter hydraulischem Verschluß. Die concentrirte heiße Säure wird mittelst eines Platinrohrs in einen zur Seite des Apparates stehenden Kühler geführt, welcher bei 1 Meter Durchmesser und etwa ebensoviel Höhe in 24 Stunden 100 Ballons Schwefelsäure (à 115 Kilo) zu kühlen vermag.

*) Dingler, polyt. Journ. 1874 Bd. 113 S. 204.

Die Säure trifft mit den Blei nur bei einer Temperatur unter 100° C. zusammen. Für Apparate von geringerer Production, von 60 bis 80 Centner täglich, wendet man zweckmäßig nur eine Schale an. Für höhere Production jedoch ist es besser, deren zwei oder mehrere in Anwendung zu bringen. Dabei stellt man die Schalen terrassenartig auf und läßt den Inhalt der einen in die folgende überfließen. Der Betrieb wird nach den Angaben des in der Destillatsäure befindlichen Aräometers geregelt. Wenn man zwei Schalen anwendet so zeigt die Destillatsäure von der ersten Schale nur 8 bis 10° B., von der zweiten 25° B. Das Destillat ist im Mittel von 17 bis 18° B., während man bei den Platinkesseln ein Destillat von 25 bis 30° B. hat. Die Menge dieses 17 bis 18 grädigen Destillats beträgt etwa 1/5 der producirten Säure oder 28 Procent ihres Gehaltes an 66 grädiger Säure. Die Productionsfähigkeit des Schalenapparats ist bedeutend größer als die der Kessel. Bereits sind Apparate mit einer Leistungsfähigkeit von 300 Centner 66 grädiger Säure in 24 Stunden im Gange, und die Erfinder machen sich anheischig, Apparate bis zu 600 Centner pro Tag anzulegen. Ein in Mülheim a./R. functionirender Apparat erfordert nur halb so viel Brennmaterial als die früher dort befindlichen Kessel, wobei noch zu beachten ist, daß ersterer noch einen Theil des für den Bleikammerbetrieb nöthigen Wasserdampfs liefert. Der wesentlich geringere Preis der Schalen, die Leichtigkeit, mit welcher dieselben zugänglich sind und Reparaturen ausgeführt werden können, sind fernere Vortheile, die dem Schalenapparat von Faure u. Kessler eine weitere Verbreitung zu sichern scheinen.

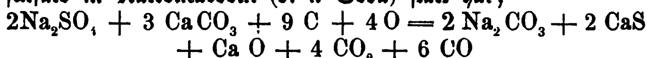
Soda.

Auf dem Gebiete der Sodafabrikation vollziehen sich gewaltige Umwälzungen. Kaum dürfte irgend ein Zweig der chemischen Technik namhaft zu machen sein, in welchem so viele wichtige Fortschritte zu constatiren sind wie in der Sodaindustrie. Wir berichten zunächst über mehrere Vervollkommnungen, welche das bisher fast allgemein angewandte Leblanc'sche Verfahren in seinem einzelnen Operation erfahren hat.

Man erinnert sich, daß das Leblanc'sche Verfahren im Wesentlichen in drei Hauptoperationen zerfällt, nämlich

1) Die Bereitung von Natronsulfat, welche durch Behandeln von Kochsalz mit Schwefelsäure bewirkt wird ($2\,NaCl + SO_4H_2 = Na_2SO_4 + 2\,HCl$).

2) Das Schmelzen des gewonnenen Natronsulfats mit kohlensaurem Kalk und Kohle, während dessen die etwa durch folgende Gleichung auszudrückende Ueberführung*) des Natronsulfats in Natroncarbont (d. i. Soda) statt hat;



$$2Na_2SO_4 + 3\,CaCO_3 + 9\,C + 4\,O = 2\,Na_2CO_3 + 2\,CaS + Ca\,O + 4\,CO_2 + 6\,CO$$

3) Die Trennung des bei der zweiten Operation gebildeten kohlensauren Natrons von dem gleichzeitig entstandenen Schwefelcalcium und Kalk, welche durch einen Auslaugungsprozeß bewerkstelligt wird.

Was nun zunächst die erste der genannten drei Operationen betrifft, so wird allerdings die Zersetzung des Kochsalzes durch Schwefelsäure noch immerhin in denselben Oefen (sogenannten Sulfatöfen) vorgenommen, die bereits in jedem Lehrbuch der chemischen Technologie beschrieben und abgebildet sind. Nach Lunge**) welcher über die neuesten Fortschritte der Sodaindustrie in England sehr ausführlich berichtet, bedient man sich auch in England noch theils der Muffelöfen, in welchem sich die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Kochsalz in einer nur von außen durch die Flamme berührten Muffel vollzieht, theils der Flammenöfen, in welchen die Flamme unmittelbar über die mit Kochsalz und Schwefelsäure beschickte Heerdsoole hinweggeführt wird. In Deutschland sind hauptsächlich die Muffelöfen in Gebrauch. Dahingegen hat man die zur Condensation der entweichenden Salzsäure dienenden Apparate sehr wesentlich vervollkommnet. Theils der infolge des wachsenden Consums steigende Werth der Salzsäure, theils (wenigstens in England) verschärfte gesetzliche Bestimmungen haben hierzu Veranlassung gegeben. Zufolge eines seit dem April 1875 in England rechtskräftig gewordenen Amendements der Alkali-Acte v. J. 1864 sind die Sodafabriken gehalten, nicht nur wie bisher mindestens 95 Proc. der durch Zersetzung des Kochsalzes entwickelten Salzsäure zu

*) Specielleres ist in diesem Jahrbuche Bd. III S. 418 u. f. mitgetheilt.

**) Dingl. pol. Journ. 1874 Bd. 214 S. 464. u. 1875 Bd. 215 S. 54.

condensiren, sondern auch dafür zu sorgen, daß die aus der Fabrik durch den Schornstein oder sonst wie entweichende Luft nie mehr als 1⅕ Grain (13 Milligram) Salzsäuregas im englischen Kubikfuß (28,315 Liter) enthält. Um nun eine möglichst vollständige Condensation zu erreichen, hat man zunächst die den Sulfatöfen entströmenden Gase möglichst zu kühlen und sie dann in den Condensationsgefäßen mit einer zur vollständigen Absorption der Salzsäure eben hinreichenden Menge Wasser in möglichst vielfache Berührung zu bringen, damit bei vollständiger Condensation auch eine möglichst concentrirte Säure entsteht. Dabei soll der Condensationsapparat thunlichst einfach sein. Diesen Anforderungen ist in erhöhtem Maaße zu entsprechen, wenn man nicht mit Muffelöfen, sondern mit Flammenöfen arbeitet, da aus den letzteren das Salzsäuregas mit den Feuergasen vermischt und somit nicht nur im verdünnten Zustande sondern auch mit sehr hoher Temperatur hervorgeht. Behufs der Abkühlung nun führt man die Gase neuerdings durch eine etwa 0,5 Meter weite, 40 bis 70 Meter lange Rohrleitung, der man, wenn es möglich ist, einen gleichmäßigen Fall von etwa 5 Centimeter pro Meter giebt. Bei mangelndem Raum führt man die Leitung abwechselnd auf und nieder. Sie wird nur durch die umgebende Luft gekühlt; so weit sie heiß bleibt, d. i. auf eine Länge von 15 bis 30 Meter, stellt man sie jetzt meist aus Gußeisen her, da dieses von heißen, trockenen Salzsäuredämpfen erfahrungsmäßig fast gar nicht angegriffen wird und ganz ausgezeichnet kühlend wirkt. Der übrige, von den Sulfatöfen sich weiter entfernende Theil der Rohrleitung wird aus mit Muffen versehenen Chamotterohren hergestellt, deren Verbindungsstellen durch einen Kitt aus Thon und Theer gut gedichtet sind. Die durch die Rohrleitung gut gekühlten Gase gelangen nun in die Condensationsapparate. Als solche finden nun zwar auch heute noch hier und da die bekannten Bonbonnes Anwendung; allein in England trifft man dieselben nirgends mehr an und auch bei uns begegnet man ihnen nur noch in geringerer Zahl, an ihre Stelle sind die Steintröge und der Coksthürme getreten.

Die Steintröge haben vor den Bonbonnes zunächst den Vorzug der Einfachheit und größeren Haltbarkeit, und weiter gestatten ihre beträchtlichen Diemensionen, den Kühlröhren den

obenbezeichneten großen Durchmesser zu geben und dieselben seitlich einzuführen, somit die vielen Kniee zu vermeiden, welche zur Verbindung der Bonbonnes nöthig sind; infolge dessen sind sie der Fortbewegung der Gase weniger hinderlich. Die Steintröge sind schon früher von Lunge*) aufs Genaueste beschrieben worden. Ihre Dimensionen variiren, doch ist es zweckmäßig sie, im Lichten gemessen, 2 Meter lang und 1 1/2 Meter breit und hoch herzustellen. In Deutschland findet man Tröge, welche aus einem einzigen Stück hergestellt sind, doch stellen sich diese bei größeren Dimensionen enorm theuer, übrigens springen sie leicht und sind dann kaum zu repariren; man setzt sie daher zweckmäßiger aus Steinplatten zusammen, die an einander gesetzt und durch Bolzen zusammengehalten werden. Geeignetes Material zur Herstellung der Tröge hat man in manchem harten Sandsteine gefunden, der bisweilen ohne jede Vorbereitung der Salzsäure genügenden Widerstand entgegensetzt, bisweilen aber allerdings durch Kochen mit Theer erst wiederstandsfähig gemacht werden muß. Zum Dichten der Fugen verwendet man Kautschukschnüre und einen aus Thon und Theer bereiteten Kitt. Man kann die Tröge mit Wasser speisen und die Flüssigkeit ablassen, wenn sie hinreichend mit Säure beladen ist; wenn eine größere Anzahl derselben vorhanden ist, kann man sie mit Heberröhren verbinden und einen Strom Wasser in ihnen dem Strome des Gases entgegenfließen lassen, ganz so wie es meist in den Bonbonnes geschieht. Unter der Voraussetzung daß auch Cokethürme, die sogleich näher besprochen werden sollen, vorhanden sind, werden drei Steintröge in den meisten Fällen genügen. In dem ersten verdichtet sich die aus den Sulfatöfen mit fortgerissene Schwefelsäure fast vollständig; er enthält also sehr unreine Säure, die meist in der Fabrik selbst bei der Chlorkalkbereitung zur Entwicklung von Chlor verwendet wird, während die folgenden eine hinreichend reine und starke, für den Handel geeignete Säure liefern.

In den Trögen oder Bonbonnes eine vollständige Condensation zu bewirken ist practisch nicht ausführbar, da hierzu eine außerordentlich große Anzahl derselben erforderlich sein würde; darum führt man die Dämpfe, nachdem sie die Tröge

---

*) Dingl. pol. Journ. Bd. 188 S. 308.

passirt haben noch durch die sogenannten Kokethürme oder „Condensationsthürme", mit Hilfe deren eine fast complete Condensation zu erreichen ist und die daher, seit sie zuerst von Gossage in Anwendung gebracht wurden, eine sehr allgemeine Verbreitung gefunden haben. Die Condensationsthürme sind mit Kokestücken oder auch mit durchbohrten Chamottesteinen oder mit beiden, d. h. in dem unteren Theile mit Chamotteziegeln, im oberen mit Koke so angefüllt, daß zwischen den Koke- resp. Chamottestücken genügende Zwischenräume bleiben um den Gasen den Durchgang zu gestatten. Der Inhalt der Thürme ruht auf einem in geringem Abstande von der Sohle befindlichen, steinernen Roste. Während die unter dem Roste eintretenden Gase den Thurm in der Richtung von unten nach oben durchstreichen, läßt man Wasser über die porösen Koke- resp. Chamottemassen hinabrieseln, welches den ihm begegnenden Gasstrom die löslichen Sauerstoffdämpfe sehr vollkommen entzieht. Die unten ankommende salzsaure Flüssigkeit fließt nach den Sammelbassins; die oben austretenden Gase gelangen entweder direct ins Freie oder werden zweckmäßiger durch ein abwärtsgehendes Rohr einem hohen Schornstein zugeleitet der sie in hochgelegene Luftschichten abführt. Die Dimensionen der Thürme variiren sehr, je nachdem man nur einen Thurm oder mehrere hintereinander in Anwendung bringt, je nach der Größe der Chargen, je nachdem man Muffel- oder Flammenöfen hat 2c. Lunge beschreibt (a. a. O.) eine Condensationseinrichtung wie sie vollkommen zur absoluten Condensation der Salzsäure aus zwei englischen Muffelöfen ausreicht, die pro Woche durchschnittlich 80 Tonnen wasserfreies Natronsulfat produciren. Diese Anlage besteht aus drei Trögen und zwei 14 Meter hohen Türmen, deren erster 2,1 Meter, deren zweiter nur 1,2 Meter im Quadrat lichte Weite hat. Ein Röhrenstrang verbindet den oberen Theil des ersten Thurmes mit dem unteren Theil des zweiten, sodaß die Gase successiv in beiden Thürmen dem herabfließenden Wasser entgegen strömen. Aus dem zweiten Thurme tritt das Gas wieder oben aus und geht durch einen zweiten abwärts geführten Röhrenstrang in einen unterirdischen Zugcanal über, welcher mit dem Schornstein in Verbindung steht. In diesem muß ein Schieber angebracht sein, welcher die Regulirung des Zugs durch die Thürme gestattet. Solche Schie-

ber werden zweckmäßig aus dickem Glas hergestellt. Der erste Thurm dient als Hauptcondensator, der zweite wird als Waschthurm (flushing tower) bezeichnet und liefert nur eine schwach saure, am Baumé'schen Aräometer noch nicht 1° zeigende Flüssigkeit, die man häufig wegfließen läßt oder auch zum Speisen der Tröge oder Bonbonnes verwendet. Die im ersten Thurm abfließende, meist etwas verunreinigte Säure wird zweckmäßig mit der im ersten Trog gewonnenen gemischt bei der Chlorkalkfabrikation verwendet. Die Construction der Thürme (als Mörtel dient wieder ein Gemenge von Thon und Theer), das Einschichten der Koke, die Einführung und Vertheilung des Wassers erfordern viel Sorgfalt. — Die Einschaltung von Steintrögen zwischen den Oefen und Kokethürmen ist nicht unbedingt nothwendig, da sich auch ohne die ersteren eine vollkommene Condensation der Salzsäure erzielen läßt. Doch erweisen sich die Tröge als vortheilhaft, da man wenigstens im zweiten und dritten Trog eine sehr reine und zugleich eine starke Säure, von 21 bis 22° B., wie sie im Handel verlangt wird, gewinnt, während bei alleiniger Anwendung von Kokethürmen eine Säure von höchstens 17 bis 18° B. resultirt.

Augenblicklich erregt in England die neue Condensationsmethode von Newall und Bowman einiges Aufsehen. Nach dieser werden die Gase in Steintröge von der gewöhnlichen Bauart eingeführt, welche etwa 1,8 Meter im Quadrat halten und 0,6 Meter hoch sind. Hier begegnet das Gas einem äußerst fein vertheilten Wasserstrahl, welcher den ganzen Raum des Troges mit einem feinen Nebel erfüllt, und die Salzsäuredämpfe mit größter Schnelligkeit und Vollständigkeit absorbirt, sodaß 12 solcher Strahlen zur vollständigen Condensation der Dämpfe von vier Sulfatöfen ausreichen sollen. Dabei entwickelt sich allerdings große Hitze, da die latente Wärme des Salzsäuredampfes frei wird. Daher ist es nöthig, das Gas mittelst einer Anzahl verhältnißmäßig enger Röhren ein- und auszuführen, ferner, um möglichst große Kühlfläche zu erlangen, diese Röhren zwischen je zwei Trögen mehrfach auf- und niederzuführen, und endlich hinter dem letzten Troge noch einen kleinen Condensationsthurm mit Kokefüllung anzubringen. Letzteren braucht man indessen nur ein Viertel so groß als bei dem bisherigen System zu machen, und gewinnt dabei fast die ganze

Säure in einer Stärke von circa 20° B. Die Hauptsache bei dem Verfahren ist die Erzeugung eines genügend feinem, dunstartigen Strahles, welcher dadurch erhalten wird, daß man Wasser unter einem Drucke von nahezu 3 Atmosphären durch eine Platinspitze von 1½ Millimeter Oeffnung gegen einen kleinen, scheibenförmigen Platinknopf ausströmen läßt, welcher wenige Millimeter unter der Ausströmungsöffnung angebracht ist, und an welchem der Wasserstrahl unter vollständiger Zerstäubung zurückprallt. Es ist abzuwarten, ob diese Vorrichtung im Stande ist, die größeren Kokethürme zu verdrängen, doch scheint ohne weiteres klar, daß der beschriebene Dunststrahlapparat wenigstens als Hilfsapparat sehr nützliche Dienste leisten kann.

Noch wichtiger als die im Vorhergehenden besprochenen Verbesserungen der Sulfatfabrikation verspricht eine im Gebiete der Sodaindustrie mehr und mehr Boden gewinnende Neuerung zu werden, welche möglicher Weise nicht nur eine Verbannung der jetzt üblichen Sulfatöfen aus den Sodafabriken zur Folge haben, sondern zugleich die Fabrikation der Schwefelsäure, soweit diese als Rohmaterial für die Sulfatfabrikation dient, als völlig entbehrlich erscheinen lassen wird. Dies ist das Hargreaves'sche Verfahren der Sulfatbereitung. Nach Hargreaves bedarf man zur Zersetzung des Kochsalzes nicht unbedingt der Schwefelsäure; die Zersetzung erfolgt auch unter Bildung von Sulfat und Entwicklung von Salzsäure, wenn man auf das Kochsalz ein Gemisch von Wasserdampf, Luft und schwefliger Säure (letztere durch Rösten von Kies erzeugt) bei eben beginnender, dunkler Rothgluth, d. i. bei etwa 450° C einwirken läßt. Lunge*) theilt mit, daß schon jetzt vier große Sodafabriken in Lancashire ihr Sulfat nach Hargreaves'schem System bereiten, daß drei andere dies System einzuführen im Begriff stehen, und daß kaum ein englischer Sodafabrikant daran denken würde, eine neue Sulfatfabrik nach altem Style einzurichten. Manche Schwierigkeit war zu überwinden, ehe das neue Verfahren für practisch verwendbar gelten konnte; eine der größten war die, dem Kochsalze einen hinreichenden Grad von Porosität zu geben, um es für die Gase vollkommen permeabel zu machen. Das Kochsalz muß in Form von Klumpen ange-

*) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215 S. 62.

wendet werden, und diese müssen hinreichend consistent sein, um den Druck der darauf liegenden Masse zu ertragen, und doch so porös, daß sie ganz und gar in Sulfat umgewandelt werden können. Hargreaves erreicht dies dadurch, daß er das Salz anfeuchtet und dann auf eisernen Platten sehr langsam austrocknen läßt, wobei sich Klumpen bilden, welche durch eine Brechmaschine mit cannelirten Walzen passend zerkleinert werden. Dabei giebt es freilich viel Abfall von Grus und Staub, welcher dem Anfeuchtungs- und Trockenprocesse von Neuem unterworfen werden muß. Die auf ziemlich gleiche Korngröße gebrachten Salzklumpen werden in große eiserne Cylinder gebracht, von welchen eine ganze Batterie in der Art mit einander verbunden ist, daß sowohl die sie umgebenden Feuerzüge, als auch die Gascanäle von einem zu dem andern gehen, und jeder von ihnen sowohl zur ersten Eintritts- als auch zur letzten Austrittsstelle gemacht werden kann. Das Gas tritt immer oben in den Cylinder ein und unten wieder aus. Ursprünglich waren die Cylinder 3 Meter weit und hoch und faßten je 14 Tonnen Sulfat; in neurer Zeit werden sie 4,5 Meter weit und 3,6 Meter hoch gemacht, so daß sie 40 Tonnen Sulfat aufnehmen. Sie sind ringsum mit Feuerzügen umgeben, um auf einer Temperatur von etwa 450° C erhalten zu werden, da unter dieser Temperatur die Gase nicht auf das Chlornatrium reagiren. Die Fortbewegung der Gase innerhalb der Cylinder wird durch einen mechanischen Exhaustor bewirkt, dessen Lager durch Wasser gekühlt werden. Uebrigens haben die Patentträger Hargreaves und Robinson in der Construction dieser Cylinder und der an diesen angebrachten Montirungen, Zügen, Verbindungen ꝛc. unaufhörlich Verbesserungen angebracht, die noch keinesfalls abgeschlossen sind. Um den Apparat in Betrieb zu setzen, wird zunächst der Inhalt des ersten, mit frischem Salze beschickten Cylinders gehörig erhitzt, indem man die Feuergase in das Innere eintreten läßt. Ist eine hinreichende Temperatur erzielt, so sperrt man die Feuerungsgase von dem Innern des Cylinders ab und läßt nun die von den Kiesöfen kommende Säure, gemischt mit überschüssiger atmosphärischer Luft und Wasserdampf, in den Cylinder eintreten und aus demselben in den zweiten, inzwischen ebenfalls vorbereiteten Cylinder gelangen, und so durch die ganze Bat-

terie hindurch. Wenn das Verfahren einmal in regelmäßigem Betrieb ist, so stellt sich die Sache natürlich so, daß das frische Gas auf eine schon größtentheils in Sulfat verwandelte Masse trifft, während das in den letzten Cylinder gelangende, schon fast gänzlich erschöpfte Gas auf frisches Kochsalz wirkt. Die Verdünnung mit atmosphärischer Luft wird so gehalten, daß die Gasmischung etwa 8 Volumenprocent schweflige Säure enthält; der Wasserdampf hat eine Spannung von 6 Atmosphären. Wenn der Inhalt des ersten Cylinders soweit als möglich in Sulfat umgewandelt ist, so schaltet man ihn aus der Leitung aus, läßt also den Gasstrom direct in den nächsten Cylinder eintreten, dessen Inhalt schon fast vollkommen umgewandelt ist, treibt dann wieder Feuergase durch den ersten Cylinder, um die in ihm befindliche schweflige Säure zu entfernen, und entleert ihn. Die Masse hat während der chemischen Umwandlung ihre Klumpenform bewahrt. Es ist selbstverständlich, daß das aus dem letzten Cylinder entweichende Gas, welches an Stelle der schwefligen Säure Salzsäure enthält, behufs der Gewinnung der letzteren in einen Condensator geführt wird. Die Condensation vollzieht sich trotz der Verdünnung der Gase mit Stickstoff und überschüssiger Luft leicht, da die Entwicklung des Salzsäuregases ganz stetig und gleichmäßig vor sich geht, während sie bei der gewöhnlichen Sulfatfabrikation stoßweise erfolgt, und hierauf beruht ein wesentlicher Vortheil des Verfahrens. Die Gase unmittelbar zur Deacon'schen Chlorbereitung zu verwenden, ist allerdings der Verdünnung wegen unthunlich, doch erhält man durch eine geeignete Condensation leicht eine flüssige Säure von 19—20° B. (= 1,16 spec. Gew.) Wollte man die schweflige Säure ohne Zuführung „überschüssiger" Luft auf frisches Kochsalz einwirken lassen, so würde infolge der beträchtlichen Wärmeentwicklung, welche die Reaction begleitet und den Prozeß unterstützt, das Salz schmelzen, dabei natürlich seine Porosität verlieren und die Bewegung hemmen. Man muß daher die Temperatur der Cylinder beobachten und nach Bedarf mehr Luft zulassen. Auch die Zulassung des Wasserdampfes muß genau regulirt werden; es ist vorgeschrieben, daß im Liter des austretenden Gases noch ein Ueberschuß von 23 bis 27 Milligr. Wasserdampf enthalten sein soll. Der Verlust an schwefliger Säure soll höchstens

2 Proc. betragen, würde also wesentlich geringer sein als bei dem alten Verfahren, für welches sich die Verluste in der Bleikammer zu den bei der Sulfatbereitung stattfindenden addiren. Das Sulfat soll nach Hargreaves'scher Methode auf 98 Proc. zu bringen sein und von einer bedeutenden Fabrik fast regelmäßig in dieser Stärke geliefert werden. Der Gesammtverbrauch an Brennmaterial ist ein hoher, denn es soll ein dem gewonnenen Sulfat nahezu gleiches Kohlenquantum verbraucht werden. Ein weiterer Uebelstand des Hargreaves'schen Verfahrens beruht darauf, daß zur Vollendung der Reaction eine sehr lange Zeit, nämlich 14 Tage bis 3 Wochen, erforderlich ist. Man hat daher, um eine ansehnliche Production zu erreichen, die Zahl der Cylinder erst von 6 auf 12 vermehrt und spricht jetzt selbst von 20 Cylindern für größere Anlagen. Doch sollen einige Fabriken pro Woche bereits 115 Tonnen und mehr Sulfat nach Hargreaves'schen Verfahren produciren.

Im Allgemeinen bietet das besprochene Verfahren demnach folgende Vortheile: Ersparung des Salpeters, Erzeugung hochgrädigen Sulfats, Anwendung weniger geschickter, also leichter zu beschaffender Arbeitskräfte, Vermeidung des Entweichens von Gasen (da der Exhaustor durch etwaige undichte Stellen des Apparats Luft einsaugen würde), stetige Entwicklung und leichte Condensation der Salzsäure, sehr geringer Verlust an Schwefel und somit größerer Ertrag. Die Schattenseiten dagegen sind: größere Anlagekosten, größerer Kohlenverbrauch, höherer Gesammtarbeitslohn (obwohl im Einzelnen weniger hoch bezahlt). Ohne Zweifel werden sich diese Schattenseiten bei fortschreitenden Erfahrungen noch mehr oder weniger vermindern lassen.

Was nun die zweite Hauptoperation des Leblanc'schen Verfahrens, d. i. die Ueberführung des Natronsulfats in Natroncarbonat (kohlensaures Natron), betrifft, so muß man es nach Lunge als wichtigstes Ergebniß der Erfahrungen der letzten Jahre bezeichnen, daß die Frage, „ob durch Handarbeit betriebene Schmelzöfen alten Styls oder rotirende Cylinderöfen den Vorzug verdienen?" jetzt definitiv zu Gunsten der letzteren entschieden ist.

Der rotirende Sodaofen besteht aus einem auf Frictionsrollen ruhenden Cylinder aus starkem Kesselblech, welcher mit feuerfesten Ziegeln ausgefüttert und so aufgestellt ist, daß die

Flamme von dem an einem Ende des Cylinders aufgestellten Feuerheerde bequem durch ihn hindurch und nachher noch über die Sodalauge hinweg streichen kann, welche sich in den am andern Ende des Cylinders aufgestellten Verdampfungspfannen befindet. Jeder Ofen wird jetzt gewöhnlich mit zwei Verdampfungspfannen verbunden, welche übrigens durch eine geräumige Flugstaubkammer von dem Cylinder selbst getrennt sind. Auf dem die Pfannen überspannenden Gewölbe stehen meist noch Vorwärmer. An dem den Pfannen zugekehrten Ende des Cylinders ist ein Zahnrad befestigt, in welches eine Schraube ohne Ende eingreift. Durch letztere kann der Cylinder in raschere (eine Umdrehung pro Minute) oder in langsamere (eine Umdrehung in 5 Minuten) Rotation versetzt werden. Jeder einzelne Cylinderofen erfordert eine Dampfmaschine für sich, weil man die Umdrehungsgeschwindigkeit und die Manipulationen beim Füllen und Entleeren des Cylinders nur auf diese Weise völlig beherrscht.

Von den beim Schmelzprozeß in Anwendung kommenden Materialien (Natronsulfat, Kalkstein oder Kreide und Kohle) füllt man immer erst die Kreide mit zwei Drittel der erforderlichen Kohle in großen Stücken in den Cylinder ein. Die große Hitze, welcher die Blöcke plötzlich ausgesetzt werden, bringt in wenig Minuten die immer in ihnen enthaltene Feuchtigkeit zum explosionsähnlichen Verdampfen und zertheilt die Kreide in viel billigerer Weise als es durch Mahlen geschehen würde. Das Gemenge von Kreide und Kohle läßt man so lange rotiren, bis sich ein Theil der letzteren in Aetzkalk verwandelt hat und die genaue Beobachtung des richtigen Zeitpunktes, wann man mit dieser Operation (die man „liming", d. i. Verkalkung, nennt) aufhören soll, ist die Hauptaufgabe des beaufsichtigenden Arbeiters. In der Regel dauert diese Operation etwa eine Stunde. Erst dann wird das Sulfat (je 30 Centner) mit dem Rest der Kohle zugesetzt und die eigentliche Schmelzung vollendet, welche etwa 1 1/2 Stunde erfordert. Hiernach nimmt der ganze Prozeß gegen 2 1/2 Stunden in Anspruch und können somit etwa 10 Chargen à 30 Centner Sulfat, d. i. in Summa gegen 300 Centner pro Tag, in einem Ofen verarbeitet werden. Die Kreide wird in reichlicherer Menge verwendet als in den mit Handarbeit betriebenen Oefen, nämlich

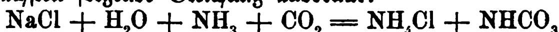
etwa 34 Centner Kreide pro 30 Centner Sulfat. Man will dadurch die Bildung von Aetzkalk veranlassen, welcher sich beim Auslaugen der Schmelzkuchen löscht, dadurch die letzteren auflockert und somit das Auslaugen befördert. Darin bestand eben früher der große Uebelstand der Cylinderöfen, daß man statt der porösen Brode der gewöhnlichen Oefen harte, steinartige Kuchen erhielt, welche sich sehr schwer auslaugen ließen. Diese Schwierigkeit ist jetzt ganz überwunden. Die Menge der anzuwendenden Kohle beträgt nahezu 2/3 von der des Sulfats; auch diese wird also im Ueberschuß zugegeben, theils um eine vollständige Zersetzung des Sulfats zu erzielen, theils um die Masse poröser zu machen.

Die rotirenden Cylinderöfen erfordern ein hohes Anlagecapital. Ein Ofen mit Zubehör kostet mindestens 40,000 Mark. Da diese Oefen übrigens eine sehr starke Production voraussetzen, so eignen sie sich nur für große Fabrikanlagen, gewähren aber gegenüber den Handöfen eine 25 Procent betragende Ersparniß an Brennmaterial, liefern ein hochgrädigeres Product und geben die gleiche oder (wegen des schwierigeren Auslaugens) eine höchstens um Bruchtheile eines Procentes geringere Ausbeute als die Handöfen. Da nun übrigens bei den rotirenden Oefen das Durchrühren der Schmelze mit der Hand ganz wegfällt, gestatten sie dem Fabrikanten, sich von den immer höher steigenden Ansprüchen der Sodaschmelzer zu emancipiren und daher werden bereits sämmtliche größere Fabriken Englands theilweise mit rotirenden Oefen betrieben.

Nachdem wir soweit die zum Theil sehr wesentlichen Verbesserungen der verschiedenen Operationen des Leblanc'schen Verfahrens erörtert haben, erübrigt noch die Besprechung desjenigen, auf ganz anderer Basis beruhenden Prozesses der Sodafabrikation, welcher unter dem Namen „Ammoniakprozeß“ in neuester Zeit so großes Aufsehen erregt hat und nach der Ansicht Vieler berufen erscheint, wenigstens in einzelnen Gegenden, in denen sich die seiner Einführung günstigen Bedingungen vereinigt vorfinden, das Leblanc'sche Verfahren mit sammt seinem Zubehör an Bleikammersystemen, Koksthürmen, Sulfatöfen 2c. zu verdrängen. Das dem sogenannten Ammoniakverfahren zu Grunde liegende Princip ist schon im vorigen

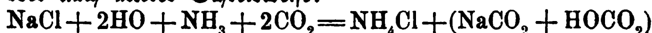
Bande dieses Jahrbuchs S. 296 dargelegt worden; über die practische Ausführung dieses in mehrfacher Hinsicht so interessanten Prozesses war indessen äußerst wenig bekannt bis in neuester Zeit Dr. K. List*) zusammenstellte und veröffentlichte, was in Solvay's englischen Patenten darüber mitgetheilt ist. Damit die der genannten Quelle entnommene Beschreibung des Solvay'schen Apparates ohne Weiteres verständlich werde, sei auch an das Princip, auf dem das von Solvay im Großen practisch durchgeführte sogenannte Ammoniakverfahren beruht, hier nochmals mit kurzen Worten erinnert.

Eine concentrirte Lösung von Chlornatrium, meist durch Auslaugen von Steinsalz erhalten, wird successiv mit Ammoniakgas und Kohlensäure gesättigt (nicht — wie die früheren Mittheilungen lauteten, — mit fertigem kohlensauren Ammoniak versetzt), wobei sich unter Bildung von Salmiak doppeltkohlensaures Natron (Natriumbicarbonat) ausscheidet, wie solches am einfachsten folgende Gleichung ausdrückt:



$$NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 = NH_4Cl + NHCO_3$$

oder nach älterer Schreibweise:



$$NaCl + 2HO + NH_3 + 2CO_2 = NH_4Cl + (NaCO_2 + HOCO_2)$$

Das Natriumbicarbonat wird abfiltrirt, die Flüssigkeit eingedampft und der rückständig bleibende Salmiak mit Kalk zersetzt um das zur Sättigung neuer Kochsalzlösung nöthige Ammoniak zu liefern; aus dem Bicarbonat wird durch Erhitzen die Hälfte der Kohlensäure ausgetrieben, wobei wasserfreie Soda zurückbleibt, während die entweichende Kohlensäure in neue mit Ammoniak gesättigte Chlornatriumlösung eingeleitet wird und somit ebenfalls in den Kreislauf wieder eintritt. Als werthloses Nebenproduct bleibt nur das bei Zersetzung des Salmiaks gebildete Chlorcalcium, in welchem sich der Chlorgehalt des angewendeten Kochsalzes wieder findet. Auf solche Weise wird also das einmal entwickelte Ammoniakgas benutzt um unbegrenzte Mengen von Kochsalz in Carbonat überzuführen und nur die in der Praxis unvermeidlichen Verluste an Ammoniak sind durch Herbeiziehung geringer Mengen von frischem Salmiak zu ersetzen. Daß man übrigens, um

*) Dingler's pol. Journ. 1874 Bd. 212 S. 507 u. Wagner's Jahresbericht für 1874. S. 289.

um das im verwendeten Kochsalz enthaltene Chlor nicht preis zu geben, den Salmiak mittelst Magnesia zersetzen und das gebildete Chlormagnesium durch Erhitzen mit Wasserdampf in leicht zu verwerthende Salzsäure und unmittelbar wieder zu verwendende Magnesia zerlegen könnte, ist schon im vorigen Jahrgange a. a. O. angedeutet worden.

E. Solvay nun hat sich zweimal ein Patent für sein Verfahren geben lassen. In der Specification von 1863 sind sämmtliche dabei verwendete Apparate beschrieben; 1872 ist nur eine verbesserte Einrichtung des zur Absorption der Kohlensäure dienenden Apparates und der zur Entwässerung resp. Umwandlung des Bicarbonats in Soda dienenden Vorrichtungen patentirt und beschrieben. Die Umwandlung des Kochsalzes geschieht in drei zusammenhängenden Apparaten, von denen der erste zur Bereitung der concentrirten Salzlösung, der zweite zum Sättigen dieser Lösung mit Ammoniak und der dritte zur Zersetzung der ammoniakalischen Flüssigkeit durch Kohlensäure dient.

Die Bereitung der Salzlösung geschieht in einem niedrigen Bassin aus Eisen, Stein oder Holz, welches durch verticale Scheidewände in sechs oder mehr Abtheilungen getheilt ist, deren jede mit der benachbarten so communicirt, daß das in die erste eingelassene Wasser in Schlangenwindungen bis in die letzte gelangt. Nachdem man dieses Bassin mit Steinsalz gefüllt, läßt man Wasser einfließen und zwar durch ein in einer Ecke dicht über dem Boden einmündendes Rohr, welches andererseits dicht über dem Boden in einen nebenstehenden Wasserkasten einmündet, in dem das Niveau des Wassers durch steten Zufluß und ein in passender Höhe angebrachtes Abflußrohr constant erhalten wird. Auf dem Wege durch die verschiedenen Abtheilungen des Auflösungsbassins verwandelt sich das Wasser in eine gesättigte Salzsoole. Da eine solche etwas zu stark ist, läßt man in die letzte Abtheilung einen constanten Wasserstrahl einfließen, der sie von 25° des Aräometers auf 23 bis 24° bringt. Die letzte Abtheilung enthält übrigens eine Filtrirvorrichtung, welche die unlöslichen Rückstände des Steinsalzes zurückhält.

Aus dem Auflösungsbassin fließt die Soole in den Apparat in dem sie mit Ammoniak gesättigt wird. Dieser ist ein mehr hohes als weites (cylindrisches?) Gefäß aus verzinntem

Eisenblech oder aus Blei mit einer Bekleidung von Holz. Er steht tiefer als das Auflösungsbassin und communicirt mit dessen letzter Abtheilung mittels eines Rohres, welches von dem Boden des einen zu dem Boden des anderen führt. Hierdurch ist bewirkt, daß die Niveaus der Flüssigkeiten in beiden sich nach dem Gesetze der communicirenden Röhren richten müssen. Das zweite Gefäß hat einen durchlöcherten Boden, unterhalb dessen das Ammoniakgas einströmt, welches durch die Löcher in viele einzelne Blasen zertheilt, leicht von der Salzsoole absorbirt wird. Hierbei nimmt die Flüssigkeit bedeutend an Volumen zu, während ihre Dichtigkeit von 23 bis 24 Aräometergraden bis auf 13 bis 16 Grade abnimmt. Da nun nach dem Gesetz der communicirenden Gefäße in demselben Verhältniß das Niveau steigt, so bietet dieses Verhalten ein einfaches Mittel um den Gang so zu reguliren, daß aus dem zweiten Apparate nur eine mit Ammoniak hinreichend gesättigte Flüssigkeit austreten kann. Es ist hierzu nur erforderlich ein seitliches Ausflußrohr in der Höhe anzubringen, bis zu welcher die Flüssigkeit steigt, wenn ihre Dichtigkeit bis zu 16 Grad abgenommen hat. Diese Anwendung der verschiedenen Dichtigkeiten zur Selbstregulirung nimmt Solvay ausdrücklich als seine Erfindung in Anspruch.

Da bei der Absorption des Ammoniakgases eine bedeutende Erwärmung eintritt, so geht die gesättigte Lösung zunächst in ein Kühlgefäß, um durch kaltes Wasser, welches durch ein Schlangenrohr fließt, abgekühlt zu werden, dann aber in den „Absorber", in welchem die Zersetzung durch Kohlensäuregas stattfindet, welches letztere auf beliebige Weise, durch Brennen von Kalkstein oder durch Zersetzung kohlensaurer Salze durch Salzsäure erzeugt werden kann. Als Absorber dient nach Solvay's zweitem Patent ein Cylinder a von 10 bis 16 Meter Höhe und geringer Weite, der in Figur 55 dargestellt ist. In diesem Cylinder liegt eine Anzahl fein durchlöcherter Platten b, b... von der Gestalt eines Kugelsegmentes und ebenfalls eine Anzahl von Platten c, c ... mit einem oder nur wenigen Löchern, welche nur eben dem Gase und der gesättigten Lösung den Durchgang gestatten, ohne daß sich die frisch eintretende Flüssigkeit mit der am Boden befindlichen, nahezu gesättigten vermischen kann. Am Rande der durchlöcherten Platten werden zweckmäßig Zähne z Fig. 56 ausgeschnitten, damit die Flüssig-

Fig. 59.

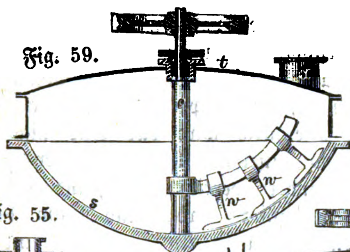


Fig. 57.

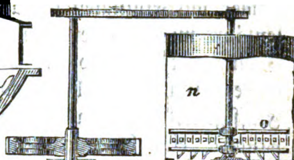
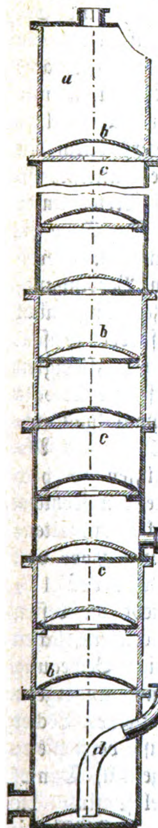


Fig. 55.



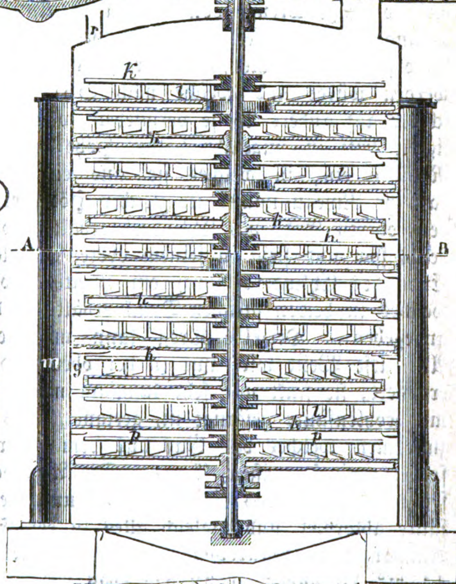


Fig. 58.

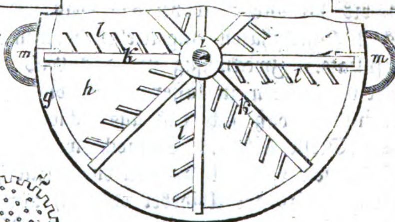
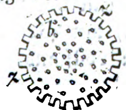


Fig. 56.



keit und das Gas durch die Lücken passiren können, wenn sich die Löcher zum Theil verstopft haben. Dieser Absorber wird immer mit Flüssigkeit beinahe angefüllt erhalten, während Kohlensäure mittels einer Compressionspumpe unten durch das Rohr d hineingetrieben wird. Hierdurch wird das Gas nicht nur in sehr innige Berührung mit einer sich ihm entgegenbewegenden Flüssigkeitssäule gebracht, sondern verrichtet auch, indem es expandirt, eine bedeutende mechanische Arbeit und nimmt hierbei eine so große Menge von Wärme in Anspruch daß eine Erhitzung der Flüssigkeit verhindert wird, welche sonst durch die Absorption der Kohlensäure durch das Ammoniak hervorgebracht werden würde und welche nach Solvay's Erfahrung nur schwer auf andere Weise vermieden werden kann. Die Flüssigkeit tritt in ungefähr halber Höhe des Cylinders durch ein Rohr e ein, in welches sie aus einem Troge einfließt, so daß ihr Niveau immer in gleicher Höhe, etwa 3 Meter unter dem oberen Ende des Cylinders erhalten wird. Der Trog ist geschlossen und steht in seinem oberen Theile mit dem oberen Ende des Cylinders durch ein zweites Rohr in Verbindung, welches in beiden gleichen Druck erhält (in der Zeichnung nicht angegeben). Derselbe Trog kann mehrere Absorber speisen. Auf diese Weise wird nur in der oberen Hälfte die Flüssigkeit erneuert; sie sinkt nur sehr langsam nieder und ist, da sie bald mit Kohlensäure gesättigt ist, geeignet, alles Ammoniakgas aufzunehmen, welches das Gas aus dem unteren Theile des Absorbers mit fortreißen könnte. Die Absorber müssen so hoch sein, daß wenigstens die Hälfte der unten eintretenden Kohlensäure absorbirt, und zugleich alles in der Flüssigkeit enthaltene Ammoniak in Bicarbonat übergeführt wird. Eine Höhe von 11 bis 16 Meter, wobei das Gas mit einem Druck von 1½ bis 2 Atmosphären eingetrieben werden muß, giebt die besten Resultate. Zweckmäßig ist, das Gas nicht als continuirlichen Strom eintreten zu lassen, weil die unregelmäßige Bewegung verhindert, daß sich das ausgeschiedene Bicarbonat an irgend einer Stelle absetzt. Dennoch werden sich die kleinen Löcher der Platten von Zeit zu Zeit durch eine harte Kruste verstopfen; alsdann wird der Absorber entleert, mit Wasser gefüllt, Dampf eingeleitet und, wenn die Krusten vollständig gelöst sind, die Lösung herausgelassen und der Absorber mit der Flüssigkeit

aus einem anderen Absorber gefüllt, worauf mit dieser weiter gearbeitet wird.

Die mit Kohlensäure gesättigte Flüssigkeit läßt man am besten portionenweise alle 30 Minuten auslaufen; das darin suspendirte Bicarbonat wird am zweckmäßigsten auf einem Vacuumfilter gesammelt und mit einer sehr geringen Menge kalten Wassers gewaschen. Zugleich kann es hier schon den zum Verkauf erforderlichen Grad von Trockenheit erhalten, indem Luft oder ein anderes Gas von etwa 50° C. hindurch geleitet wird. Auch in einfach kohlensaures Natron kann es in den Vacuumfiltern dadurch verwandelt werden, daß überhitzter Dampf oder die Gase aus den Kalköfen hindurch geleitet werden; doch ist sowohl für das Trocknen als für die Umwandlung in Soda der folgende Apparat vorzuziehen. In einem verticalen Cylinder g (Fig. 57, 58) befinden sich in passender Entfernung übereinander eine Anzahl runder Platten h, welche abwechselnd am Umfange und in der Nähe des Centrums durchlocht sind. Eine verticale Welle geht durch den Deckel und Boden des Cylinders und trägt Arme k, k — mit Schabmessern l, l —, welche die auf den Platten liegende Masse abwechselnd nach der Peripherie der einen und nach der Mitte der folgenden Platte fortschieben, so daß sie allmälig von der obersten Platte bis auf den Boden des Cylinders gelangt. Die Platten selbst sind hohl und werden durch Einlassen von Dampf oder heißen Gasen, von irgend welcher Abstammung, aus dem Rohre m erhitzt. Das Bicarbonat wird oberhalb des Cylinders mittels eines Apparates n aufgegeben, welcher dem Rumpfe einer Mahlmühle ähnlich ist und dessen Arme o sich langsam bewegen; er wird immer angefüllt erhalten, damit hier die Kohlensäure nicht entweicht. Die getrocknete Masse kommt am Boden des Cylinders bei p in feingemahlenem Zustande zum Verpacken fertig heraus. Die beim Trocknen ausgetriebenen Gase treten durch ein Rohr r im Deckel heraus.

Wenn man nicht hohle Platten anwenden will, kann auch das heiße Gas direct durch den Cylinder geleitet werden.

Ein anderer für die Bereitung von Soda anwendbarer Trockenapparat besteht aus einem eisernen Kessel s (Fig. 59), der mit einem Deckel verschlossen ist, durch welchen in einer

Stopfbüchse eine verticale Welle c geht. Letztere trägt unten Arme mit Schabmessern w, durch welche das eingefüllte Bicarbonat umgerührt wird, während der Kessel durch ein darunter befindliches Feuer bis auf die erforderliche Temperatur erhitzt wird.

Das in einem dieser Apparate ausgetriebene Gas wird durch eine Luftpumpe in einen Waschapparat gebracht, worin alles darin enthaltene Ammoniak zurückgehalten wird; wenn Soda erzeugt wurde, so wird die ausgetriebene Kohlensäure wieder den Absorbern zugeführt.

Nach ferneren Mittheilungen List's ist gegenwärtig M. Honigmann in Aachen mit M. Gerstenhöfer in Verbindung getreten um dem Ammoniakverfahren eine weitere Verbreitung zu schaffen. Ueber deren Einrichtungen ist freilich bis jetzt kaum mehr bekannt geworden, als daß zur Absorption der Kohlensäure nicht hohe Flüssigkeitssäulen wie in Solvay's Absorbern angewendet werden, doch hat Honigmann seiner Zeit angegeben, daß die Anlagekosten einer Fabrik, welche täglich 100 Centner 90procentige calcinirte Soda liefert, 90000 Mark betragen und daß zu 100 Centner Soda 200 Centner Steinsalz, 200 Centner Kohle, 150 Ctr. Kalkstein, 10 Ctr. Schwefelsäure von 50° B. und 5 Centner Salmiak erforderlich sind. Die Schwefelsäure wird verwendet, um den Ammoniakgehalt der Feuergase zurückzuhalten, welche mit der Ammoniaklösung in Berührung gewesen sind und die für den Salmiakverbrauch in Ansatz gebrachte Zahl repräsentirt das zum Ersatz der unvermeidlichen Ammoniakverluste erforderliche Quantum. An obigen Zahlen ist indessen auffallend, daß die Menge des Steinsalzes fast doppelt so groß angegeben ist, als nöthig wäre, wenn es vollkommen in kohlensaures Salz umgewandelt würde, wie solches Solvay angiebt, denn der Theorie nach sind zur Darstellung nur 110 Gewichtstheile reines Chlornatrium erforderlich. Die Verwendung eines Ueberschusses an Steinsalz soll nun nach Honigmann durch folgende Umstände bedingt sein. Wenn eine gesättigte Lösung von Chlornatrium mit der zur Zersetzung des letzteren gerade erforderlichen Menge Ammoniak und Kohlensäure behandelt wird, soll das sich ausscheidende Natriumbicarbonat etwa 6 Procent Ammoniumbicarbonat enthalten, während ein von Ammoniak fast freies

Natriumbicarbonat fallen soll, wenn das Chlornatrium im Ueberschuß vorhanden ist.

Nun weicht zwar möglicher Weise das Honigmann'sche Verfahren von dem Solvay'schen nicht unwesentlich ab, doch geht aus den vorstehenden Mittheilungen hervor, daß sich das Verfahren noch in einer Entwicklungsperiode befindet, die gleichwohl zu einem befriedigenden Ziele führen kann. Lunge spricht sich allerdings in seinem oben erwähnten Berichte dahin aus, daß die englischen Sodafabrikanten durchgängig sehr wenig geneigt seien, an eine ernsthafte Concurrenz des Ammoniakverfahrens mit dem Leblanc'schen zu glauben, wenigstens so lange sich das erstere in seinem jetzigen Zustande befinde. Er betont dabei, daß bei dem riesigen Umfange der englischen Sodafabrikation die allgemeine Einführung des Ammoniakverfahrens schon darum als eine reine Unmöglichkeit erscheine, weil der von den Interessenten selbst zugestandene Ammoniakverlust von 3 bis 5 Procent der Soda ein verhältnißmäßig enormer sei, ja eine mit den jetzigen Hilfsmitteln ganz unerschwingliche Menge von Ammoniaksalzen repräsentire. Selbst wenn das Ammoniakverfahren nur einiger Maaßen Verbreitung finde, müsse sofort eine Steigerung der Ammoniakpreise bemerkbar werden, die der weiteren Ausbreitung alsbald eine Grenze setzen werde. Wenn dem nun auch nicht widersprochen werden kann, so ist doch möglich, daß bei den gegenwärtigen Ammoniakpreisen das Ammoniakverfahren da mit Vortheil zur Ausführung gelangt, wo besondere, ihm günstige Umstände vorliegen, und würde zu letzteren vor Allem das Vorhandensein einer billigen, gesättigten Salzsoole, also namentlich einer gesättigten, natürlichen Soolquelle zu rechnen sein.

Nach R. Wagner*) producirt England jährlich etwa 10 Millionen Centner Natronsulfat von denen nur etwa 6 Centner in Soda übergeführt werden; von den übrigen 4 Millionen gehen etwa $^2/_3$, also circa 2600000 Centner in die Glasfabriken über. Diese Verwendung des Glaubersalzes bei der Glasfabrikation bezeichnet Wagner als irrationell. Er weist darauf hin, daß obige $2^2/_3$ Millionen Centner Sulfat, welche allein die englischen Sulfatfabriken jährlich an die Glas-

*) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215 S. 70.

fabriken liefern, gegen 600000 Centner Schwefel enthalten, die einen Werth von über 5 Millionen Mark repräsentiren und bei der Glasfabrikation unbenutzt verloren gehen. Die Gewinnung oder Verwerthung des im Sulfat enthaltenen Schwefels ist auf der Glashütte jedenfalls nicht ausführbar, doch würde der Verlust desselben zu vermeiden sein, wenn, wie Wagner empfiehlt, die Sulfat- und Sodafabrikanten sich damit befassen wollten, aus dem Natronsulfat unter Verwerthung der dabei sich entwickelnden schwefligen Säure ein Natronsilicat zu erschmelzen, und letzteres an die Glashütten zu liefern. Bode, Fabrikdirector zu Harkorten bei Haspe in Westphalen, der an der angeregten Frage lebhaftes Interesse nimmt, bemerkt hierzu Folgendes:

„Als Fabrikant von Natronsilicat würde man zwei sich in gewisser Beziehung bekämpfende Forderungen möglichst in Einklang zu setzen haben. Da die Silicate mit geringem Kieselsäuregehalt schwerer schmelzbar sind als die kieselsäurereichen, so würde man um Kohlen und Löhne zu sparen, auf die Bildung kieselsäurereicher Silicate hinzuwirken haben. Andernseits aber verlangen solche Silicate mehr Zuschlag an Kieselsäure, welche man nicht umsonst hat, aber beim Verkaufe im Product wahrscheinlich umsonst abgeben muß. Gleichzeitig würde man durch Darstellung von Silicaten mit geringem Kieselsäuregehalt den Vortheil haben, ein Product zu liefern, das an Natron reicher ist als das calcinirte Natronsulfat, und somit billigere Fracht pro 100 Centner Natron erzielen, denn,

Halbsilicat	$4Na_2O, SiO_2$	enthält	80,6	Proc.	Natron
Singulosilicat	$2Na_2O, SiO_2$	„	67,4	„	„
Bisilicat	Na_2O, SiO_2	„	50,8	„	„
Trisilicat	$2Na_2O, 3SiO_2$	„	40,8	„	„
Sulfat	Na_2O, SO_3	„	43,6	„	„

Wenn es möglich ist, Silicate mit geringem Kieselsäuregehalt ohne zu hohe Schmelzkosten herzustellen, so würde sich die Schwefelgewinnung aus Sulfat bei nicht zu kleinem Betriebe wohl vortheilhaft erweisen.“

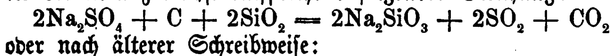
Die vorstehenden Erörterungen haben uns auf die Glasfabrikation geführt, über welche einige fernere Notizen hier folgen sollen.

Glas.

Wenngleich die directe Verwendung des Natronsulfats in der Glasfabrikation zufolge der eben dargelegten Umstände nicht in jeder Beziehung zweckmäßig erscheint, so findet sie doch zur Zeit noch ganz allgemein statt, und ist daher eine Arbeit Schott's*) willkommen zu heißen, welche über die beim Erschmelzen des Glases aus Natronsulfat statthabenden Vorgänge interressante Aufschlüsse bringt. Bekanntlich kommen bei dieser Operation außer Natronsulfat und Kieselsäure (Sand) noch Kohle und kohlensaurer Kalk zur Anwendung. Die Kohle soll reducirend auf das Sulfat wirken und dadurch die Zersetzung desselben erleichtern. Gewöhnlich nimmt man an, daß diese Reduction unter Entwicklung von Kohlenoxydgas vor sich gehe. Dies ist gewiß der Fall, wenn ein Ueberschuß von Kohle vorhanden; beim Gasschmelzprozeß verläuft indessen nach Schott die Reaction zunächst entsprechend folgender Gleichung:

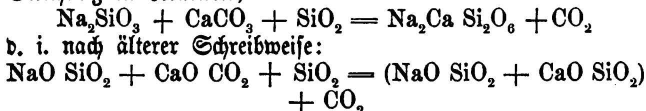
$$2Na_2SO_4 + C + 2SiO_2 = 2Na_2SiO_3 + 2SO_2 + CO_2$$

oder nach älterer Schreibweise:



$$2NaOSO_3 + C + 2SiO_2 = 2NaOSiO_2 + 2SO_2 + CO_2$$

es wird also zunächst unter Entwicklung von schwefliger Säure und Kohlensäure Natronsilikat gebildet; und erst in einem späteren Stadium tritt der kohlensaure Kalk mit einem andern Theil der Kieselsäure und dem bereits gebildeten Natronsilikat unter abermaliger Entwicklung von Kohlensäure nach folgender Gleichung in Reaction;



$$Na_2SiO_3 + CaCO_3 + SiO_2 = Na_2Ca\,Si_2O_6 + CO_2$$

d. i. nach älterer Schreibweise:

$$NaO\,SiO_2 + CaO\,CO_2 + SiO_2 = (NaO\,SiO_2 + CaO\,SiO_2) + CO_2$$

Das in Praxi übliche Verhältniß von Sulfat und Kohle entspricht etwa 2 Molekül des ersteren auf 1,2 Molekül des letzteren, schließt sich also dem durch die obigen Gleichungen ausgedrückten Vorgängen am nächsten an. Da indessen in Praxi doch etwas mehr Kohle, (die freilich nicht reiner Kohlenstoff ist) angewendet wird als die Formel fordert und übrigens den Feuergasen und den von ihnen fortgerissenen Kohletheilchen eine

*) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215, S. 529.

reducirende Wirkung zugeschrieben werden könnte, suchte Schott seine Ansicht durch directe Versuche zu begründen. Er schmolz in einem Porzellankolben 70,4 Gr. Sulfat, 3,4 Kohle, 57,2 Calciumcarbonat u. 120,0 Sand und untersuchte die entweichenden Gase. Er fand, daß sich, während die Masse zu einem klaren Glase schmolz, reichliche Mengen von Kohlensäure und schwefliger Säure entwickelten, während Kohlenoxydgas nicht oder nur spurenweise entwich. Gegen Schluß der Operation destillirte etwas freier Schwefel. Weiter überzeugte sich Schott, daß Natronsulfat beim Erhitzen in einer Kohlenoxydgasatmosphäre zu Schwefelnatrium reducirt wird und schloß daraus, daß auch beim Glasschmelzen Kohlenoxydgas, wenn es im Anfange entstehen sollte, durch das überschüssige Sulfat zu Kohlensäure oxydirt werden müsse. Schott zweifelt nicht, daß unbeschadet der durch obige Gleichungen ausgedrückten Endreaction während des Prozesses verschiedene intermediäre Vorgänge statthaben. So kann im Anfange ein Theil des Sulfats durch die Kohle zu Schwefelnatrium reducirt werden, allein in diesem Falle tritt das Schwefelnatrium nachträglich gleichzeitig mit unzersetzt gebliebenem Sulfat und der Kieselsäure in folgender Weise in Reaction:



$$Na_2S + 3Na_2SO_4 + 4SiO_2 = 4Na_2SiO_3 + 4SO_2$$

so daß das Resultat dasselbe bleibt, nämlich äquivalente Mengen von Natriumsilicat und schwefliger Säure gebildet werden. Ein directer Versuch ergab, daß Schwefelnatrium, Natronsulfat und Kieselsäure, in dem der vorstehenden Gleichung entsprechenden Verhältniß zusammengeschmolzen, ein vollständig klares Wasserglas lieferten. Da wahrscheinlich auch andere Schwefelmetalle in demselben Sinne reducirend auf das Glaubersalz wirken, so empfiehlt es sich nach Schott zu versuchen, ob Schwefelcalcium anstatt der Kohle und zugleich als Kalk einführende Substanz bei der Glasfabrikation zu verwenden ist. Dies würde zu einer vortheilhaften Verwerthung der Sodarückstände in den Glashütten führen.

Den Spiegelhütten der französischen Actiengesellschaft zu Stollberg bei Aachen, Mannheim, St. Gobain &c. gebührt das Verdienst, mittelst Glaubersalz ein Glas hergestellt zu haben, welches an Reinheit, Farblosigkeit und Schönheit zur speciellen Verwendung für Spiegelscheiben nichts zu wünschen übrig läßt,

doch ist es nach Guhrauer*) bisher noch nicht gelungen, bei directer, gewöhnlicher Schmelze unter Anwendung von Glaubersalz ein auch für die Verarbeitung zu Hohlwaaren und Halbkrystallartikeln genügend farbloses Glas zu erhalten, da schon bei einer Stärke von einigen Centimetern alles auf gewöhnliche Weise mit Sulfat dargestellte Glas eine entschieden auffallende Färbung zeigt. Die Ursache liegt nach Guhrauer in Folgendem. Wie bekannt zeigen alle Natrongläser an und für sich eine grünliche Färbung, welche sich genügend und vollständig nur durch Zusatz von Braunstein paralysiren läßt. Im vorliegenden Falle wird jedoch die Wirkung des Braunsteins durch die dem Glassatze beizumengende Kohle beeinträchtigt. Die Kohle wirkt zunächst reducirend auf den Braunstein, verwandelt das Hyperoxyd in das nicht färbende Manganoxydul, während nach Guhrauer das Manganoxyd allein die dem Grün complementäre Farbe erzeugt. Den störenden Einfluß der Kohle dadurch zu beseitigen, daß man dem Braunstein der bereits im Fluß befindlichen Masse zusetzt, gelingt in der Praxis nicht. Die Erfahrung lehrt, daß sich unter diesen Umständen eine gleichmäßige Wirkung des Braunsteins auf die ganze Glasmasse nicht erzielen läßt, und ist in solchem Falle das auf dem Boden des Hafens liegende Glas meist stark violett gefärbt, während die oberen Schichten die ursprünglich grüne Färbung beibehalten haben. Man kann indessen lediglich aus den Rohmaterialien Sand, Kalk, Glaubersalz und Kohle ein völlig farbloses Glas herstellen, wenn man den Glassatz in Häfen, welche seitlich am Boden mit verschließbaren Oeffnungen versehen sind, bis zum Zähflüssigwerden erhitzt, darauf in mit Wasser gefüllte Behälter abfließen läßt und das durch die plötzliche Abkühlung fein zertheilte Glas nach dem Trocknen nochmals unter Beifügung von Entfärbungs- und Reinigungsmitteln wie Braunstein, Salpeter ꝛc. umschmilzt. Das Product der ersten Schmelzung führt den Namen „Calcinglas“. Der Verschluß der erwähnten, am Boden der Schmelzgefäße befindlichen Oeffnung wird mittelst eiserner, durch Wasser gekühlter Ventile bewirkt, und thönerne Rinnen leiten das beim Oeffnen der Ventile ausfließende Calcinglas nach den im Souterrain auf-

*) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215 S. 358.

gestellten Wasserbassins. Der Brennmaterialaufwand soll ein verhältnißmäßig geringer und daher das Verfahren in Frankreich, Belgien und Holland schon mehrfach in Anwendung gebracht sein.

Eine Erfindung, die vielleicht mehr Aufsehen erregt hat, als sie verdient, ist die bereits in den Tageszeitungen vielfach besprochene Darstellung des sogenannten „Hartglases" (verre trempé). Der Erfinder, de la Bastie, ließ sein Verfahren Glas zu härten am 12. August 1874 patentiren. Seitdem ist das Härten des Glases auch in Deutschland vielfach versucht worden. Der Ingenieur C. Pieper in Dresden nahm am 18. December 1874 ein Patent in England und später dergleichen in mehreren deutschen Staaten und soll*) sein Verfahren an den Verband der deutschen Glasindustriellen verkauft haben. Das Verfahren de la Bastie's besteht darin, daß das Glas, während es bis zum beginnenden Erweichen erhitzt ist, in erwärmte und hermetisch einschließbare Bäder von Oel, Fett, Wachs, harzigen oder bituminösen Stoffen eingetaucht wird und ebenso wird nach Pieper's Patent der zu härtende Glasgegenstand im hoch erhitzten Zustande in eine Flüssigkeit eingetaucht, die bis zu einer gewissen, von der Zusammensetzung des Glases abhängigen Temperatur erhitzt ist. Aus der Beschreibung des Verfahrens, welches Heinson-Huch**) in Braunschweig den 6. April 1875 in Frankreich sich patentiren ließ, geht hervor, daß die Temperatur der Muffeln, in welchen die Gläser angewärmt werden, 400° C., die des Talgbades 300° C. beträgt. Die Ausführung der Operation ist mit manchen Schwierigkeiten verknüpft. Die als Bäder dienenden heißen Fette können sich leicht entzünden; die bis zum beginnenden Erweichen erhitzten Gegenstände verlieren leicht ihre Form. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen und übrigens die Arbeit möglichst zu vereinfachen hat de la Bastie besondere Apparate, Muffeln, Oefen ꝛc. construirt.

In der That erlangen Glasstücke durch die angegebene Behandlung eine bedeutende Härte, so daß sie vom Diamant nur mit Kraft noch geritzt, in keinem Falle aber zerschnitten

*) Deutsche Industriezeitung 1875 S. 115.
**) Deutsche Industriezeitung 1875 S. 348.

werden können; in gleicher Weise erlangen sie eine beträchtliche Widerstandsfähigkeit gegen Stoß, und hat man dieselbe auf das 30=, 50=, ja 58fache der ursprünglichen geschätzt. Bauer beobachtete auch eine während der Behandlung stattfindende Zunahme des specifischen Gewichts von 2,43 auf 2,46. Auch den Temperaturwechsel verträgt das gehärtete Glas besser ohne zu springen. Eine weitere Eigenthümlichkeit des gehärteten Glases ist die, daß es, wenn es zerbricht, völlig zerfällt, ja zerplatzt, so daß die Stücken weit auseinander geschleudert werden. Dies ist eine sehr üble Eigenschaft, denn sie kann leicht eine Verletzung der in der Nähe befindlichen Personen veranlassen. Wird gehärtetes Glas abermals erhitzt und darnach langsam gekühlt, so verliert es seine Härte und nimmt seine ursprünglichen Eigenschaften wieder an.

Daß das Härten des Glases sehr vielfach in Anwendung kommen werde, ist kaum zu erwarten, denn schwerlich werden Gegenstände von complicirterer und unregelmäßiger Form, ungleicher Wandstärke, wie Henkelgläser 2c. den zum Härten erforderlichen Manipulationen widerstehen; selbst die Verwendung gehärteter Glasscheiben wird, wie Lobmeyer in seinem Berichte*) über die Glasindustrie auf der Wiener Ausstellung sehr richtig bemerkt, auf große Schwierigkeiten stoßen, da man solche mit dem Diamant und somit überhaupt nicht schneiden kann. Man müßte die Glastafeln erst in Stücke von passender Größe schneiden und dann zum Härten einsenden, was natürlich nicht durchführbar ist. Man wird sich wahrscheinlich darauf beschränken, kleine und flache Gegenstände z. B. Uhrgläser dem Härtungsprozeß zu unterwerfen. De la Bastie giebt an, daß er in einem von ihm construirten Ofen, der zu seiner Bedienung 2 Arbeiter und einen Handlanger erfordert und für weniger als 12 Mark Brennmaterial verbraucht, in 24 Stunden 8000 bis 10000 Uhrgläser zu härten im Stande sei.

Daß Glas durch rasche Abkühlung hart wird, ist übrigens eine längst bekannte Thatsache; man konnte es an den bekannten „Glasthränen" wahrnehmen, die man durch Eintropfenlassen von flüssigem Glas in Wasser erhält, und die, wie das nach de la Bastie gehärtete Glas, die Eigenschaft haben, in

*) Oesterreich. officieller Ausstellungsber. Heft 89.

unzählige kleine Stückchen zu zerfallen, wenn man sie durch Abkneipen ihrer Spitze verletzt. Die überaus plötzliche und starke Abkühlung, die stark erhitztes Glas beim Einführen in Wasser erfährt, veranlaßt freilich sehr häufig, daß das Glas im Moment der Abkühlung zerspringt, was man bei der Herstellung von Glasthränen sehr wohl beobachten kann. Wird aber das stark erhitzte Glas durch Eintauchen in eine hochsiedende und stark erwärmte Flüssigkeit zwar plötzlich aber minder stark, nur bis zu einer wenige Grade unter dem Siedepunkte des Oels liegenden Temperatur abgekühlt, und läßt man das soweit plötzlich abgekühlte Glas nachher langsam weiter erkalten, so ist das Glas begreiflicher Weise der Gefahr des Zerspringens im Moment der Abkühlung weniger ausgesetzt und erlangt doch die durch die rasche Abkühlung herbeigeführte Härte.

Auch dafür, daß das rasch abgekühlte Glas härter erscheint als das langsam gekühlte, läßt sich sehr wohl eine Erklärung finden. Es ist ja eine bekannte Thatsache, daß alle Gläser, die ein Gemenge von verschiedenen Salzen, beziehentlich Doppelsalzen sind, wenn sie längere Zeit bei einer ihrem Schmelzpunkt nahen Temperatur erhalten werden, einem Entmischungsprozeß unterliegen, der leicht soweit geführt werden kann, daß sich krystallinische Verbindungen aus der amorphen Glasmasse ausscheiden. Das führt zu der bekannten Erscheinung der Entglasung, die sowohl bei den aus Silicaten bestehenden wie bei den aus Boraten und Phosphaten gebildeten Gläsern unter den genannten Umständen eintritt. (Siehe dieses Jahrbuch Bd. VII S. 278). Ohne Zweifel tritt auch während der gewöhnlichen langsamen Abkühlung, welcher man die Hohlgläser unterwirft, diese Entmischung schon ein, nur schreitet sie in der beschränkteren Zeit nicht bis zur Abscheidung krystallinischer Gebilde vor, daher das langsam gekühlte Glas andere nähere Bestandtheile enthält, als das heiße, in Schmelzung begriffene, während das plötzlich gekühlte noch dieselben näheren Bestandtheile enthält wie das flüssige, da die Moleküle während der momentanen Abkühlung und Erstarrung nicht Zeit zur Umlagerung fanden. Die in der Schmelzhitze beständigen Verbindungen sind nun ohne Zweifel dichter und härter, als die bei niederer Temperatur entstehenden, wie auch

aus den erwähnten Bestimmungen des specifischen Gewichts von Bauer hervorgeht, und diese größere Härte der ersteren bleibt daher bei plötzlicher Abkühlung dem Glase erhalten.

Die eben erwähnte Entglasung ist auch in neuester Zeit wieder mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Zwar haben die Untersuchungen in der Hauptsache nur zu einer Bestätigung der oben ausgesprochenen Ansicht über die Ursachen der Entglasung geführt, doch ist auf einige fernere Momente hingewiesen worden, die jener Ansicht zur Stütze dienen und mögen dieselben hier kurz erwähnt sein. Wenn überhaupt noch bezweifelt werden kann, daß die Entglasung durch eine unter Abscheidung krystallinischer Gebilde vor sich gehende Entmischung des Glases bedingt sei, so können die Zweifel wohl nur durch die Thatsache veranlaßt sein, daß bei der Untersuchung theilweise entglasten Glases die entglasten Partien bisweilen fast genau dieselbe Zusammensetzung ergaben, wie die nicht entglasten. Dies war z. B. der Fall bei theilweise entglastem Flaschenglase aus der Fabrik von Fr. Siemens in Dresden, welches Schwarz*) untersuchte. Allein diese Thatsachen stehen mit der oben ausgesprochenen Ansicht nicht in Widerspruch, denn, wie die mikroskopische Untersuchung der entglasten Partien leicht ergiebt, bestehen dieselben in der Regel aus Aggregaten unendlich vieler, sehr kleiner Krystalle, die nur dem bloßen Auge als größere Krystalle erscheinen, und zwischen den unendlich vielen, sehr kleinen Krystallen ist eine amorphe, noch glasige Masse abgelagert, welche ohne Zweifel denjenigen Theil des Glases repräsentirt, welcher sich während der Entglasung von den krystallisirenden Theile abschaltete. Das entglaste Glas stellt also häufig noch ein Gemenge der auskrystallisirten Verbindung mit dem Reste dar, der bei Ausscheidung der Krystalle aus dem Glase als amorphe Masse übrig blieb, und muß dann natürlich dieselbe procentische Zusammensetzung ergeben, wie die nicht entglasten Partien des Glases. Nur in den selteneren Fällen, in welchen sich wirklich größere Krystalle bildeten und die übrige Glasmasse in noch flüssigen Zustande von demselben durch Abfließenlassen getrennt wurde, kann man erwarten, daß die rückständigen Krystalle bei der Analyse eine

*) Dingl pol. Journ. Bd. 205, S. 422.

andere Zusammensetzung ergeben als die abgeflossene Glasmasse, wiewohl auch hier die Differenz der Zusammensetzung, welche die Analyse nachweist, immer erheblich geringer erscheinen wird, als die wirklich stattfindende, da den rückständig bleibenden Krystallen immer eine große Menge der amorphen Glasmasse anhaften wird, die hier gewissermaaßen die Rolle der Mutterlauge spielt. Wo indessen eine solche theilweise Trennung der Krystalle von dem amorph gebliebenen Theile möglich war, da ist in der That eine Differenz in der Zusammensetzung nachgewiesen worden. So fand E. Peligot*) in den abgeschiedenen Krystallen nur 0,9 Proc. Natron während die von den Krystallen abgeflossene amorphe Glasmasse 6,2 Proc. Natron enthielt. Er fand weiter in den ersteren 8,4 in den der letzteren nur 5,4 Proc. Magnesia. Hier scheint sich also ein alkalifreies und an Magnesia reiches Silicat krystallinisch ausgeschieden zu haben. Die Form der von Peligot analysirten Krystalle war die des Pyroxens, doch enthielten sie mehr Kieselsäure als dieser. Die Zusammsetzung der sich ausscheidenden Krystalle kann jedenfalls eine sehr verschiedene sein. Nach O. Schott**) bestehen die bei der Entglasung thonerdehaltiger Gläser sich bildenden hexagonalen Krystalle häufig aus krystallisirter Thonerde. Allerdings hat Schott eine quantitative Analyse der krystallinischen Ausscheidungen nicht vorgenommen; er schloß indessen, daß sie aus reiner Thonerde und nicht aus einem Silikate bestehen, aus der Thatsache, daß dieselben, unter dem Mikroskop betrachtet, genau dieselben Formen erkennen ließen wie die krystallinischen Gebilde, welche der Verfasser***) dieses Referats beim Auflösen von Thonerde in kieselsäurefreiem Borax- und Phosphorsalzglase erhielt. Die beim Entglasen thonerdefreier Gläser häufig zu beobachtenden rhombischen Krystalle hält Schott für kieselsaurem Kalk, doch fehlen auch hier die analytischen Belege. Ohne Zweifel hängt die Zusammensetzung der sich ausscheidenden Krystalle ebensowohl von der Zusammensetzung der Gläser ab wie von den Umständen unter

*) Bulletin de la Société d'Encouragement 1874 S. 342. u. Dingler pol. Journ. 1875. Bd. 213 S. 329.

**) Poggendorff's Annalen Bd. 155 S. 422.

***) Journal f. pract. Chemie [2] Bd. 1 S. 473.

welchen und insbesondere von der Temperatur bei welcher die Krystallisation erfolgt.

Peligot führt (a. a. O.) noch einige andere Thatsachen an, durch welche die bei der Entglasung stattfindende Entmischung unzweifelhaft dargelegt wird. Er wies nach, daß entglastes Glas sich an der Luft sehr rasch verändert. Streifen von Kalifensterglas, welche in einem Muffelofen bis zur Entglasung erhitzt worden waren, wurden an der Luft nach einiger Zeit feucht, von den in geneigter Stellung erhaltenen Streifen sonderten sich alkalisch reagirende Tröpfchen einer Lösung von kohlensaurem Kali ab, welche, in einer Schale gesammelt, Krystalle von zweifach kohlensaurem Kali gaben. In gleicher Weise bedeckte sich ein Stück entglastes Spiegelglas von Saint-Gobain rasch mit Ausblühungen von kohlensaurem Natron. Diese Erscheinungen lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß der bei der Entglasung amorph gebliebene Theil wesentlich reicher an Alkali und letzteres dadurch löslich geworden sei. Endlich berichtet Peligot noch über einige, von Des Clemandot ausgeführte Versuche, aus welchen hervorgeht, daß die aus Glas ausgeschiedenen Krystalle zur Schmelzung eine weit höhere Temperatur erfordern, als normales Glas, woraus sich ebenfalls ergiebt, daß beide nicht von gleicher chemischer Beschaffenheit sein können.

Ueber Hellätzung des Glases mit Fluorwasserstoffsäure und die praktische Anwendung der letzteren in der Glasindustrie ist kürzlich von M. Hock*), Chemiker in Himberg bei Wien, eine längere Arbeit erschienen. Bekanntlich hat sowohl die gasförmige Fluorwasserstoffsäure wie auch deren wässerige Lösung die Eigenschaft, Glas und überhaupt Silikate anzugreifen, indem sie mit der Kieselsäure Wasser und Fluorsilicium ($SiO_2 + 4FlH = SiFl_4 + 2H_2O$), mit den Basen Wasser und Fluormetalle bildet, welche dann mit dem Fluorsilicium in Verbindung treten. Aus kieselsaurem Kalk entsteht z. B. auf diese Weise das in Wasser lösliche Kieselfluorcalcium ($CaSiO_2 + 6FlH = CaFl_2, SiFl_4 + 3H_2O$). Diese Verbindungen bilden bei der Einwirkung der gasförmigen Fluorwasserstoffsäure eine gallertartige Kruste über den von der Säure angegriffenen Partien

*) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215 S. 129.

der Glasfläche, machen dieselben rauh, so daß sie neben nicht geätzten Partien leicht sichtbar werden, während bei Anwendung wässriger Säure alle diese Verbindungen in Lösung gehen oder weggespült werden, so daß die geätzten Stellen zwar vertieft aber an ihrer Oberfläche ziemlich glatt erscheinen und daher weniger gut sichtbar sind. Ueberzieht man ein Glasstück mit einer dünnen Schicht sogenannten Aetzgrundes, (meist ein mit Terpentinöl versetztes Gemenge von Mastix, Asphalt und Wachs), gravirt in diese mittelst einer Nadel eine Zeichnung ein, so daß die Glasoberfläche nur an den gravirten Stellen blosgelegt wird und läßt gasförmige oder wässrige Fluorwasserstoffsäure einwirken, so überträgt man sehr leicht die Zeichnung auf das Glas. Dies Verfahren wird bekanntlich sehr vielfach verwendet, um zu Laboratoriumszwecken dienende Glasapparate mit Scalen und Theilungen aller Art zu versehen, (siehe auch dieses Jahrbuch Bd. VIII. S. 341); indessen sind die Bemühungen, dasselbe als theilweisen Ersatz der Graveur- und Schleiferarbeit bei der Decoration des Glases nutzbar zu machen, auf soviel Schwierigkeiten gestoßen, daß die Methode für diesen Zweck eine practische Bedeutung nicht erlangen konnte. Das Radiren der Zeichnung in den Aetzgrund ist meist ebenso mühsam, wie das directe Graviren des Glases; auch fallen die Zeichnungen selten ganz rein aus, indem sich der fettige Aetzgrund fast nie vollkommen vom Glas entfernen läßt, und die Flußsäure dann an solchen Stellen das Glas nicht angreift, wodurch in der geätzten Zeichnung besonders bei etwas breiten Strichen Ritze, Flecken und sonstige Unregelmäßigkeiten sichtbar werden. Ueberhaupt sieht das Glas in Folge des allzu energischen Einwirkens der Flußsäure roh und zerfressen aus.

Seit kurzer Zeit nun kommen aus England und Frankreich mit Flußsäure geätzte Beleuchtungsgegenstände mit sehr reichen Ornamenten und auch Blumenzeichnungen im Handel vor, welche zu verhältnißmäßig billigen Preisen verkauft werden. Die Aetzung derselben ist sehr rein und gaben die geätzten Stellen im matten Grunde über der Flamme einen brillanten Effect. Die Art der Ausführung dieser Aetzung wird von den französischen und englischen Fabriken als Geheimniß bewahrt. Hock beschreibt nun eine Methode der Flußsäureätzung, die zwar möglicher Weise von dem in den französischen und englischen

Fabriken üblichen Verfahren wesentlich abweicht, die aber sehr billig herzustellende, in keiner Weise hinter den fremden zurückstehende Fabrikate liefert und sehr leicht durchführbar ist.

Schon die Zusammensetzung des Glases, welches zur Herstellung von geätzter Waare dienen soll, ist nicht gleichgültig; am tauglichsten ist ein weiches Bleiglas, bei dessen Darstellung auf 100 Kilo Sand etwa 10 Kilo reine Mennige in die Schmelze kommen. Ferner soll die fertige Rohglaswaare eine vollkommen gleichmäßig glatte Oberfläche haben, weshalb es zweckmäßig ist, beim Einblasen des Glases in die eisernen Formen Papierstreifen statt der Strohhalme als Glättungseinlage zu verwenden, da letztere in Folge des Kieselsäuregehaltes der Knoten in den Halmen auf der Oberfläche des Glases immer Streifen hinterlassen.

Die Uebertragung der Zeichnungen auf die zu ätzenden Glasobjecte geschieht analog dem Verfahren bei der Decoration verschiedener Galanteriewaaren durch Verwendung der sogenannten Abziehbilder, nur sind letztere den Zwecken der Aetzung entsprechend anders hergestellt.

Das zur Herstellung der Abziehbilder verwendete Papier, welches fehlerfrei, dünn, weich, glatt, nicht geleimt sein soll, wird mit einer ziemlich verdünnten Lösung von schwefelsaurem Amoniak getränkt, durch Aufhängen getrocknet und entweder mit frischem Eieralbumin oder einem billigeren Surrogate desselben bestrichen. Als letzteres kann warm bereiteter Stärkekleister dienen, der mit einer wässrigen Gummiguttlösung bis zur intensiven Gelbfärbung versetzt wurde. Das gleichmäßig bestrichene Papier wird wieder getrocknet, satinirt und muß an einem trockenen Orte aufbewahrt werden. Die Druckfarbe, die vollständig decken, der Flußsäure wiederstehen, etwas klebrig sein, dabei von dem präparirten Papier sich leicht wieder loslösen muß, wird am besten durch Auflösen eines Gemenges von syrischem (nicht aus Theer bereiteten) Asphalt, Terpentin, Fichtenharz und Bienenwachs in erwärmten Terpentinöl hergestellt. Zum Drucken der Bilder verwendet man eine gewöhnliche lithographische Presse. Die Zeichnungen sind in Kupfer- oder Zinkplatten tief gravirt, so daß sie auf dem Papier hell im dunklen Grunde der Aetzdruckfarbe erscheinen. Wegen des raschen Eintrocknens der Druckfarbe ist es nicht gut, mehr Abdrücke zu

machen, als an demselben Tage auf Glas übertragen werden sollen, da frische Abdrücke immer reinere und bessere Abzüge auf dem Glasobjecten liefern.

Behufs der Uebertragung der Bilder auf das Glas wird das bedruckte Papier mit der Bildseite an das Glasobject, an dem es infolge der Klebkraft der Druckfarbe haftet, fest angedrückt, wobei man sich zweckmäßig einer angefeuchteten, weichen Rolle bedient. Ist das Papier genügend durchfeuchtet, so daß der Kleister erweicht ist, so hebt man das Papier am Rande vorsichtig auf, und zieht es langsam ab, während die braune Druckfarbe am Glase haften bleibt. Hiernach wird das Glasobject in kaltem Wasser sorgfältig abgespült, um den noch anhaftenden Kleister von den Abziehbildern zu entfernen, und dann zum Trocknen bei Seite gestellt. Nach dem Trocknen werden sie mit feinstem, gepulverten Asphalt eingestäubt, welcher an den klebrigen, bedruckten Stellen haftet, von dem reinen Glas aber mittelst eines Pinsels leicht wieder entfernt werden kann. Hiernach werden die Glasobjecte in einer eisernen Muffel 5 bis 8 Minuten auf 100 bis 150° erhitzt, wonach die aufgetragene Druckfarbe nach Form der Zeichnung eine homogene braune Schicht bildet. Die Gegenstände sind nun zur Vornahme der eigentlichen Aetzung fertig vorbereitet.

Eine Hauptbedingung für die Erzeugung reiner, gleichmäßiger Aetzung ist die Anwendung verdünnter Fluorwässerstoffsäure; dieselbe muß wenigstens so weit verdünnt sein, daß sie keine Dämpfe mehr ausstößt, da concentrirte Säure das Glas zu energisch angreift, so daß es roh und zerfressen aussieht und auch die Kontouren nicht rein erhalten werden. Zur Aufnahme der Säure bedient man sich gewöhnlich eines langen, schmalen Holzkastens, der mit 1,5 bis 2 Millim. dicker Bleifolie ausgekleidet und durch einem unter hydraulischen Verschluß stehenden Deckel geschlossen ist. Durch den Kasten hindurch läuft eine, mittelst Kurbel drehbare, hölzerne Welle, auf welcher die zu ätzenden Gegenstände befestigt werden. Die Dauer der Einwirkung richtet sich nach der Concentration der Säure, nach der Stärke, in welcher man die Aetzung ausgeführt wünscht und nach der Qualität des Glases. Selbstverständlich erleidet die angewendete Flußsäure durch die Einwirkung des Glases nach und nach eine Verdünnung. Durch Zusatz von concen-

trirter Schwefelsäure kann man die Wirkung einer so geschwächten Säure wieder erhöhen und somit an Flußsäure sparen, doch darf der Zusatz von Schwefelsäure jene Grenze nicht überschreiten, bei welcher die Schwefelsäure den schützenden Asphaltüberzug zerstören würde. Die genügend geätzten Glasobjecte sind nun nur noch zu spülen und durch Waschen mit warmer Aetzlauge vom Asphaltüberzuge zu befreien.

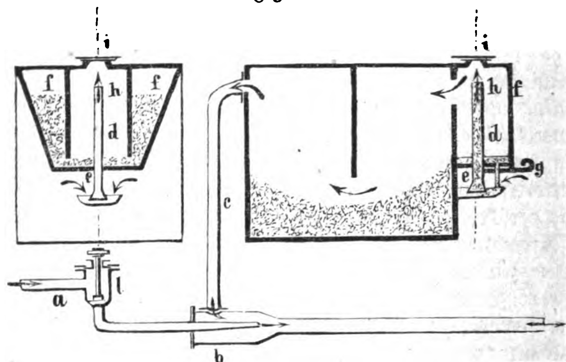
Das Verfahren hat nach Hock den großen Vorzug, daß es mit sehr billiger Arbeitskraft, in der Hauptsache von Mädchen, durchgeführt werden kann, und soll sich bei zweckmäßiger Theilung der Arbeit weit einfacher erweisen, als man nach der Beschreibung erwarten sollte. Geübte Arbeiterinnen sollen in einem Tage erstaunlich viel fertig stellen können. Bei der Herstellung der Flußsäure empfiehlt Hock statt des Flußspathes Kryolith anzuwenden ($Al_2Fl_6 + 6 NaFl$), da dieser bei der Behandlung mit Schwefelsäure einen aus Natronalaun bestehenden Rückstand liefert, welcher leicht verwerthbar ist und überdies wegen seiner Löslichkeit in Wasser eine leichtere Reinigung der Bleiretorten ermöglicht, als der unlösliche und rasch erhärtende Gyps, der bei Verwendung von Flußspath als Rückstand bleibt.

Eine unerwartete Concurrenz hat die Flußsäureätzung in neuester Zeit durch das Tilghman'sche Sandstrahlgebläse gefunden. B. C. Tilghman in Philadelphia bedient sich zum Aetzen sowohl von Glas als irgend welchem spröden Material eines mit Heftigkeit auf die Fläche des betreffenden Gegenstandes geschleuderten Sandstrahles. Demselben wird die Geschwindigkeit entweder durch bewegte Luft, oder wenn bedeutendere Wirkungen erzielt werden sollen, durch einen Dampfstrahl ertheilt. Zeman*), Hartig**) und Mylius***) haben das Tilghman'sche Sandstrahlgebläse, das sich auf der Wiener Ausstellung in der amerikanischen Abtheilung der Maschinenhalle in Thätigkeit befand, beschrieben. Von zwei ausgestellten Appataten war am häufigsten der kleinere in Thätigkeit, von dessen Einrichtung die hier beigefügte Skizze (Fig. 60.) eine Vorstellung giebt. Es wird hier ein Dampfstrahlgebläse zur

*) Dingler's pol. Journ. 1874 Bd. 212.
**) Amtlicher Bericht üb. d. Wien. Weltausst. B. II S. 144.
***) Ebendaselbst Bd. III Abth. I S. 141.

Erzeugung des Luft- und Sandstrahls benutzt. Der Dampf (etwa von drei Atmosphären Spannung) tritt durch das Rohr a ein und gelangt bei b durch ein konisches Mundstück zum Ausfluß; hierdurch wird in dem Rohr c ein stetiger Luftzug erzeugt, der weiter auch in dem Rohr d einen solchen veranlaßt; die eingesaugte Luft tritt bei e durch ein trompetenförmig erweitertes Mundstück ein, neben welchem aus dem Vorrathskasten f ein schwacher Sandstrahl sich nach unten ergießt; die Abstellung desselben kann durch den Schieber g erfolgen. Der Sand fällt auf eine flache, metallene Schale um hier augen-

Fig. 60.



blicklich wieder zu verschwinden. Der so erzeugte Luft- und Sandstrahl gelangt innerhalb einer Abtheilung dieses Kastens bei h zum Ausfluß und kann bei i gegen das hier aufgelegte Arbeitsstück seine Wirkung ausüben. Das Arbeitsstück wird hier auf einem Schlitten aufgespannt, welcher sich hin und herbewegt, während senkrecht zu dieser Bewegung der Blasapparat verschoben werden kann, so daß der Sandstrahl allmälig alle Stellen der zu bearbeitenden Fläche trifft. Der Sand kann sich hierauf (infolge der im Kasten k bewirkten Querschnittserweiterung) von der Luft trennen und sammelt sich auf dem Boden des Kastens. Zur Absperrung des Dampfes dient ein bei l angeordnetes Ventil. Es genügt eine Zeit von 5 bis 10 Secunden um mittelst dieses Apparates eine Glasfläche

vollständig matt zu blasen. Zur Entfernung einer farbigen, durch Ueberfangen hergestellten Glasschicht sind je nach der Dicke 4 bis 20 Minuten erforderlich.

Während spröde Materialien von dem so hervorgebrachten Sandstrahl corrodirt werden, setzen elastische und zähe Körper, selbst ein zartes baumwollnes Spitzengewebe, der reibenden Gewalt des Sandes einen ungleich größeren Widerstand entgegen. Es ist daher möglich bei Anwendung von Schablonen aus Kautschuk, Schmiedeeisen u. s. w. beliebige, den frei gelassenen Stellen der Schablone entsprechende Figuren zu ätzen. Die Wirkung des bewegten Sandes ist, wie man Gelegenheit hatte, sich auf der Wiener Ausstellung durch den Augenschein zu überzeugen, eine ganz erstaunliche. Nicht nur werden Verzierungen und Buchstaben auf Glas in kürzester Zeit geätzt, sondern man vermag auch bei Anwendung eines Dampfdrucks von 7,3 Kilogr. auf dem Quadratcentimeter in der Minute 27 Cubikcentimeter Granit, 72 Cubikcentim. Marmor, 179 Cubikcentim. Sandstein hinweg zunehmen, so daß es möglich ist, dadurch bei der Herstellung steinerner Ornamente einen Theil des Meisels zu ersparen. Wenn es, wie bei der Bearbeitung von Stein oder Metall, auf eine kräftige Wirkung des Sandstrahls ankommt, wird der Sand unmittelbar durch einen Dampfstrahl gegen die Arbeitsfläche geworfen. Selbst Materialien welche weit härter sind als Sand, unterliegen den Angriffen des letzteren. So wurde bei einer Dampfspannung von 21,9 Kilogr. auf den Quadratcentimeter binnen 25 Minuten ein Korund von 39 Millimeter Dicke durchbohrt.

Wichtig verspricht auch die Wirkung des Sandstrahls für die Vervielfältigung von Zeichnungen unter Mithilfe der Photographie zu werden. Werden nämlich Negative auf Glasplatten copirt, welche mit der zur Darstellung der sogenannten Kohlebilder dienenden Chromsäure-Leimlösuug überzogen sind, so bilden die nach dem Abwaschen der belichteten Platte stehenbleibenden Partien des Leimüberzuges eine Schablone, welche gestattet, die entblößten Stellen des Glases mittelst des Sandstrahles zu ätzen. Copirt man statt auf eine mit Chromsäure-Leimlösung überzogene Glasplatte auf einen ebenso präparirten Harzkuchen, so läßt sich aus diesem mittelst des Sandstrahles eine Matrize herstellen, deren galvanoplastischer Abdruck die

Photographie wiedergiebt und unmittelbar als Druckplatte dienen kann. Von überraschender Wirkung waren die von Tilghman ausgestellten, mittelst seines Sandstrahls bewirkten Uebertragungen von Kupferstichen, Holzstichen und Photographien auf Glastafeln.

Nach Zeman bedient sich ein Etablissement in Glasgow des Sandstrahlgebläses zum Putzen und Schleifen von Messingguß.

Von Seiten des Erfinders wurden die Privilegiumsrechte an Eduard Prager in Wien übertragen und hat derselbe die Fabrikation der patentirten Maschinen selbst begonnen, sowie eine Fabrik (k. k. priv. Sandblas-Manufactur in Wien, Neufünfhaus, verlängerte Burggasse Nr. 664) errichtet, in welcher Sandblasmaschinen in Thätigkeit gehalten werden. Derselbe übernimmt Aufträge in Bezug auf Ausfolgung von Maschinen zur Benutzung in fremden Etablissements oder auf in seiner Fabrik anzufertigende Waaren; und zwar werden daselbst Glaswaren mattirt, geschliffen, gravirt, gemustert, Steinplatten gebohrt, geschnitten, gravirt und geschliffen, Bleche von Oxyden gesäubert, zur Verzinkung oder Emaillirung vorbereitet ꝛc.

Eine vortreffliche Arbeit über das Kupferrubinglas und die ihm verwandten Glasgattungen ist in jüngster Zeit in dem chemisch-technischen Laboratorium des Collegium Carolinum zu Braunschweig durch Paul Ebell zum Abschluß gebracht worden. Die Ergebnisse sind in einer Reihe interessanter Abhandlungen, in Dingler's polytechnischem Journal 1874 Bd. 213, Seite 53, 131, 212, 321, 401, 497 zusammen gestellt. Wenngleich wir darauf verzichten müssen, den Gang der sehr umfänglichen Untersuchung hier ausführlich wieder zu geben, und bezüglich den Einzelheiten auf das Original verwiesen werden muß, so sollen doch die wesentlichsten Schlußfolgerungen, zu denen Ebell gelangte, und die nach mehreren Seiten hin, für die Erkenntniß des Glases, für die Erkenntniß der Metalle und für die Erkenntniß der Farbstoffe von Bedeutung sind, in Kürze hier dargelegt werden. Sie sind folgende:

Manche Metalle sind im Stande sich als solche, d. h. im metallischen Zustande, in feurig flüssigem Glase aufzulösen, nämlich edle Metalle, wie Gold und Silber, und leicht redu-

cirbare, unedle, wie Kupfer und Blei. Das klare, rothe Kupferrubinglas ist eine nach dem Erkalten erstarrte Lösung von metallischem Kupfer, das rothe Goldrubinglas ist die erstarrte Lösung von metallischem Gold in Glas, wie dies auch bereits von W. Müller (dieses Jahrbuch Bd. VIII S. 337) gelegentlich der Untersuchung des Goldrubinglases als die einzig wahrscheinliche Erklärung ausgesprochen worden ist. Mit dieser einfachsten, natürlichsten, den Erscheinungen nach allen Seiten entsprechenden Auslegung tritt zugleich die Analogie der mit Kupfer rothgefärbten Gläser und der mit Gold gefärbten in das klarste Licht. Es liegt darin ein um so stärkerer Beweis für die ausgesprochene Wahrheit, als das Gold, welches auch das dem Glase zugesetzte Präparat sein mag, in der Schmelzhütte reducirt werden muß und unmöglich anders als im metallischen Zustande im Glase enthalten sein kann.

Die Metalle Gold, Silber, Kupfer vermögen in zwei verschiedenen Molecularzuständen in das Glas einzugehen; in einem das Glas nicht färbenden und einem das Glas auffallend färbenden Zustande. Der nichtfärbende Molecularzustand des Metalles entspricht den höchsten Temperaturlagen und dem status nascendi; der färbende Molecularzustand entspricht den niederen Temperaturlagen und dem Zustande des derben Metalles. Das „Anlaufen" ist der Uebergang des einen in den anderen Molecularzustand durch Einwirkung von Wärme (Licht). Die Färbung der Gläser, welche den Gegenstand dieser Untersuchung ausmachen, geschieht technisch auf zwei verschiedenen Wegen. Entweder durch Einführung des Metalles im nichtfärbenden Zustande in das Glas, durch Schmelzen bei hoher Temperatur und Anlaufenlassen; oder durch Einführung des Metalles unmittelbar im färbenden Zustande, durch Lasur bei niederer Temperatur. Durch Schmelzung erzeugte Lösungen der betreffenden Metalle erstarren bei rascher Abkühlung als solche unverändert, bei langsamer Abkühlung scheidet sich aus der glasigen Lösung das Metall, je nach den herrschenden Bedingungen in verschiedenen Formen, aber stets in metallischem Zustande ab, als feinzertheilter Niederschlag, als mikroskopische oder für das unbewaffnete Auge erkennbare Krystalle. Hämatinon und Aventurin sind solche auf krystallinischen Ausscheidungen von Kupfer aus dem Glase beruhende technische Producte.

Die Metalle Gold, Silber, Kupfer zeigen im Zusammenhang ihres optischen Verhaltens im derben und im gelösten Zustande die größte Analogie mit Farbstoffen mineralischer und organischer Abstammung (Berlinerblau, Indig, Anilinfarben, Murexyd u. s. f.) Diese letztere Erscheinung und Analogie ist merkwürdig genug, und bietet gewiß einen dankbaren Stoff zu weiterer Forschung. Viele Farbstoffe zeigen als feste Körper einen entschiedenen Metallglanz, so Indig und Berlinerblau beim Reiben mit einem glatten Körper den rothen Metallglanz des Kupfers; Anilinfarben in ausgezeichnetster Weise, namentlich krystallisirt, Glanz und Farbe von Messing, Tombak, Bronze. Auch das bekannte Bronziren von gefärbten Fellen mit Blauholzauszug gehört hierher. Dieselben Körper erscheinen fein zertheilt oder gelöst in einer eigenthümlichen und lebhaften Farbe. Die beiden Farben, mit denen diese Körper im auffallenden und im durchgehenden Lichte auftreten, sind bekanntlich stets nahezu complementäre. Ein gleiches Verhältniß besteht bei dem Gold, Silber und Kupfer zwischen dem metallischen Zustande und der Lösung in Glas. Diese Metalle sind wahre Farbstoffe auf feurigem Wege — um so mehr, als sie die gewöhnlichen Farbstoffe an Dichte und somit an der Fähigkeit, das Licht zu reflectiren, bei weitem übertreffen. Mit der großen Dichte dieser Metalle hängt auch die außerordentliche färbende Kraft, namentlich des Goldes, zusammen.

Diese merkwürdige Analogie der Metalle mit den Farbstoffen hat nicht verfehlt, die Aufmerksamkeit der Physiker von Fach auf sich zu ziehen, und ist unter andern schon von Seely auf dieselbe hingewiesen worden. Der überlieferte Begriff von Glas, die herkömmlichen wissenschaftlichen Anschauungen von der Natur dieses Erzeugnisses sind augenscheinlich zu einseitig und zu eng, sie bedürfen der Erweiterung und der Ergänzung nach mehr als einer Seite, wenn sie die ganze Reihe der Erscheinungen erklären sollen, die bis jetzt als eben so viele Räthsel dastehen. Es wird noch fortgesetzter Forschung, namentlich über die Emaile, die Glas- und Porcellanmalerfarben, Chromaventurin, Pettenkofer's Astralite u. a. m. bedürfen, ehe man von einer einigermaßen abgeschlossenen Erkenntniß reden kann. Schon jetzt kann man indessen, ohne sich einer Uebereilung schuldig zu machen, den Satz gelten lassen: die verschiedenen

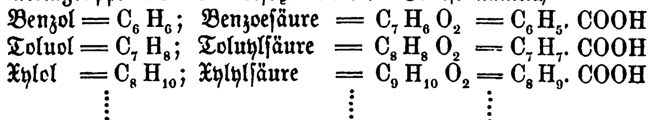
Gattungen von Glas sind nicht blos erstarrte amorphe Verbindungen, sondern in einer großen Anzahl von Fällen erstarrte Lösungen einfacher und zusammengesetzter Körper in einer feurig flüssigen Verbindung.

Organische Verbindungen.

Aromatische Säuren — Salicylsäure.

Infolge der vortrefflichen Untersuchungen Kolbe's*) ist in neuester Zeit eine organische Säure, nämlich die zwar schon länger bekannte, aber in der Hauptsache nur ein wissenschaftliches Interesse gewährende Salicylsäure, in die Reihe der technisch wichtigen Präparate getreten. Ehe wir uns die hohe Wichtigkeit der Kolbe'schen Beobachtungen vergegenwärtigen, deren Bedeutung sich übrigens gegenwärtig in ihrem ganzen Umfange noch nicht übersehen läßt, wollen wir uns einigermaßen über die Stellung zu orientiren suchen, welche die Salicylsäure unter den Benzolderivaten, zu denen sie gehört, einnimmt.

Die Salicylsäure — $C_7 H_6 O_3$ — steht in naher Beziehung zu der Benzoesäure — $C_7 H_6 O_2$ — welche letztere mit den Toluylsäuren — $C_8 H_8 O_2$ —, deren es mehrere giebt, den Xylylsäuren — $C_9 H_{10} O_2$ — u. s. w. die Reihe der aromatischen Säuren bildet. Die Glieder der Reihe der aromatischen Säuren kann man sich entstanden denken aus dem Benzol und seinen Homologen, dem Toluol, Xylol u. s. w. (Bd. II. S. 274) dadurch, daß in dem letzteren ein Wasserstoffatom durch die Atomgruppe CO . OH ersetzt wurde. Es ist nämlich



Benzol $= C_6 H_6$; Benzoesäure $= C_7 H_6 O_2 = C_6 H_5 . COOH$
Toluol $= C_7 H_8$; Toluylsäure $= C_8 H_8 O_2 = C_7 H_7 . COOH$
Xylol $= C_8 H_{10}$; Xylylsäure $= C_9 H_{10} O_2 = C_8 H_9 . COOH$
⋮ ⋮ ⋮

Von den ebengenannten Säuren ist die Benzoesäure die bekannteste und wichtigste. Sie findet sich fertig gebildet in manchen Harzen, namentlich in dem bekannten Benzoeharz,

*) Journal f. pract. Chem. (II) Bd. 10, S. 89.

dem sie ihren Namen verdankt, und aus dem sie leicht gewonnen werden kann. Man braucht das Harz nur auf circa 170° zu erhitzen, so sublimirt die Säure in zarten farblosen Nadeln oder Blättchen. Sie findet sich auch im Harn grasfressender Thiere (Kuh- und Pferdeharn) und wird auch aus diesen fabrikmäßig gewonnen. Die Fabrik von C. J. Kaufmann*) in Königsberg soll allein auf diese Weise jährlich circa 70 Ctr. Benzoesäure produciren und dazu etwa 35,000 Ctr. Jauche von Pferden und Rindern verarbeiten. Seit einigen Jahren stellt man die Benzoesäure auch aus Phtalsäure ($C_8H_6O_4$) dar, welche letztere durch Oxydation des Napthalins ($C_{10}H_8$) erhalten wird (Bd. II. S. 332).

Die Benzoesäure erfährt vielfach Verwendung zu medicinischen Zwecken, wird aber auch in der Technik, namentlich in der Farbenindustrie gebraucht; so kommt sie bei der Darstellung der durch Phenilirung des Rosanilins zu erhaltenden Violetts in Anwendung.

Die nahe Beziehung, in welcher die Benzoësäure zum Benzol steht, erhellt schon aus der Thatsache, daß sie beim Durchleiten ihres Dampfes durch glühende Röhren in Benzol und Kohlensäure zerfällt ($C_7H_6O_2 = C_6H_6 + CO_2$). Auch kann man umgekehrt Benzol in Benzoësäure überführen, wenn man zunächst durch Einwirkung von Brom auf Benzol Monobrombenzol darstellt ($C_6H_6 + Br_2 = C_6H_5Br + BrH$) und das gebildete Brombenzol der Einwirkung von Kohlensäure und Natrium aussetzt, wobei sich Bromnatrium und benzoësaures Natrium bildet. ($C_6H_5Br + CO_2 + 2Na = NaBr + C_6H_5$ COO Na). Die Atomgruppe C_6H_5CO welche in der Benzonsäure mit einem Wasserrest (OH) verbunden ist, hat man mit dem Namen Benzoyl belegt. Dieselbe Atomgruppe findet sich bekanntlich mit einem Atom Wasserstoff verbunden auch im Bittermandelöl (C_6H_5.CO.H), welches als der Aldehyd der Benzoësäure anzusprechen ist und durch Oxydation ebenfalls leicht in Benzoësäure übergeführt werden kann. (C_6H_5.CO.H + O = C_6H_5.COO.H) In dem in der Benzöësäure enthaltenen Benzoyl läßt sich ein Theil des Wasserstoffs durch Chlor, Brom, ferner durch verschiedene Atomgruppen (Radicale) wie NO_2,

*) Wagner's Jahresbericht 1871 S. 378.

NH_2, SO_2OH, OH u. s. w. ersetzen. Auf diese Weise hat man eine große Anzahl interessanter von der Benzoësäure sich ableitender Verbindungen dargestellt. Diejenigen Säuren, welche man erhält, indem man ein Wasserstoffatom der Benzoësäure durch die Gruppe HO ersetzt, denen also die entwickelte Formel $C_6H_4(HO).CO.OH = C_7H_6O_3$ zukommt, hat man Oxybenzoësäuren genannt, da sie sich nur durch ein Sauerstoffatom das sie mehr enthalten, von der Benzoësäure unterscheiden. Man kennt deren drei isomere Säuren, die man als Orthooxybenzoësäure, Metaoxybenzoësäure und Paraoxybenzoësäure unterschieden hat. Die Verschiedenheit des Verhaltens dieser drei, procentisch ganz gleich zusammengesetzten Säuren mag durch die verschiedene Stellung des durch HO ersetzten Wasserstoffatoms bedingt sein. Die eine dieser drei Oxybenzoësäuren, und zwar die als Orthooxybenzoësäure bezeichnete, erwies sich als identisch mit der schon früher von Piria entdeckten und später von Cahours aus dem Wintergrün- oder Gaultheriaöl abgeschiedenen Salicylsäure. Da nun wie erwähnt die Benzoësäure in einer sehr nahen Beziehung zum Benzol steht, so ist zu erwarten, daß die Salicylsäure, wenn sie als Oxybenzoësäure anzusprechen ist, in einem ähnlichen Verhältniße zum Oxybenzol d. i. dem Phenol C_6H_5,OH oder C_6H_6O (Bd. II S. 333) steht. In der That, wie die Benzoësäure in der Hitze in Benzol und Kohlensäure zerfällt, so spaltet sich die Salcicylsäure bei raschem Erhitzen in Phenol und Kohlensäure $C_6H_4(OH)COOH = C_6H_5(OH) + CO_2$; und schon ehe Kekulé*) die Bildung von Benzoësäure bei Einwirkung von Natrium und Kohlensäure auf Brombenzol nachwies, zeigten Kolbe und Lautemann**) daß Salicylsäure entsteht, wenn man Natrium und Kohlensäure gleichzeitig auf Phenol einwirken läßt. Wenngleich diese neue Bildungsweise der Salicylsäure wesentlich dazu beitrug, die Ansichten über die Constitution derselben zu klären, so war die Ausbeute, welche die neue Darstellungsmethode lieferte, eine nicht befriedigende. Da indessen das Studium der Derivate der Salicylsäure behufs der Be-

*) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 137. S. 178.

**) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 113, S. 125, und Bd. 115, S. 201.

antwortung verschiedener wissenschaftlicher Fragen von großer Wichtigkeit ist, und es somit wünschenswerth erscheinen mußte, eine bequeme Methode zur Darstellung größerer Mengen von Salicylsäure zu schaffen, so hat sich Kolbe bemüht, sein früheres Verfahren, Phenol in Salicylsäure überzuführen, zu vervollkommnen, und dies ist ihm auf das Befriedigendste gelungen. Kolbe beschreibt sein neues Verfahren der Salicylsäurebereitung und die bei derselben statthabenden Vorgänge wie folgt:

„Man löst in der käuflichen, starken, rohen Natronlauge von ermitteltem Natrongehalt so viel krystallisirtes zuvor geschmolzenes Phenol auf, daß das Natron und Phenol sich gerade absättigen, dampft dann die Lösung in einem flachen eisernen Gefäß ein, und erhitzt die resultirende, zuerst zähe, teigige Maße bei gelindem Feuer unter beständigen Durchkrücken derselben, zuletzt unter Zerreiben mit einem schweren Pistill bis zur staubigen Trockne. Dieses trockne Produkt ist Natrium-Phenol. Dasselbe hat stets eine röthlich gelbe Farbe, wohl Folge partieller Veränderung während des Eindampfens durch den Sauerstoff der Luft, ist sehr hygroskopisch und muß, da ein feuchtes Natrium-Phenol schlechte Ausbeute an Salicylsäure giebt, noch heiß in verschließbare Gefäße gebracht und darin bis zur Verwendung, vor feuchter Luft geschützt, aufbewahrt werden. Nimmt man beim Vermischen von Phenol und Natronlauge von dem einen oder andern mehr als gleiche Moleküle, so hat das Natrium-Phenol nicht nur ein verschiedenes Ansehen (bei Anwendung von überschüssigem Phenol wird es dunkelbraun), sondern liefert auch viel weniger Salicylsäure.

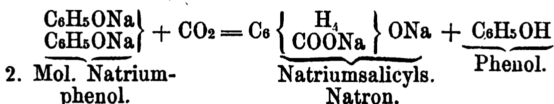
Das so bereitete trockne Natrium-Phenol wird, wenn es sich um eine Darstellung größerer Mengen handelt, am besten in einer metallenen Retorte mittelst Oel-, Metall- oder Luftbad langsam erhitzt. Man beginnt mit dem Einleiten der trocknen Kohlensäure in nicht zu raschem Gasstrom, wenn die Temperatur im Innern des Retorteninhalts ohngefähr 100° erreicht hat. Man läßt die Temperatur langsam höher gehen, bis sie im Verlauf mehrerer Stunden gegen 180° erreicht hat. Erst nach längerem Einleiten der Kohlensäure fängt Phenol an abzudestilliren, später in reichlicher Menge. Zuletzt steigert man die Temperatur auf 220°—250°. Die Operation ist be-

endet, wenn bei dieser Temperatur unter fortwährendem Einleiten von Kohlensäure kein Phenol übergeht.

Die Menge des während der Operation überdestillirenden Phenols beträgt genau die Hälfte des zur Bereitung von Natrium-Phenol verbrauchten Phenols.

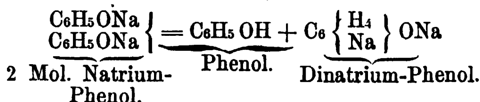
Der nach beendeter Reaction, d. h. wenn von dem unter fortwährendem Einleiten von Kohlensäure schließlich auf 250° erhitzten Retorteninhalt kein Phenol mehr abdestillirt, bleibende Rückstand ist bei gut geleiteter Operation von graulich weißer Farbe, er besteht aus natriumsalicylsaurem Natron, dem sog. basisch salicylsaurem Natron.

Jener Prozeß verläuft im Sinne folgender Gleichung:

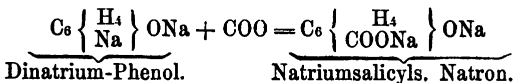

$$\left.\begin{matrix}C_6H_5ONa\\ C_6H_5ONa\end{matrix}\right\} + CO_2 = C_6\left\{\begin{matrix}H_4\\ COONa\end{matrix}\right\}ONa + C_6H_5OH$$

2. Mol. Natrium-phenol. Natriumsalicyls. Natron. Phenol.

In zwei Molekülen Natrium-Phenol findet also unter Einwirkung der Kohlensäure ein Austausch von Wasserstoff und Natrium in der Weise statt, daß einerseits Phenol, andererseits Dinatrium-Phenol resultirt, welches letztere dann mit Kohlensäure sofort zu natriumsalicylsaurem Natron sich verbindet.


$$\left.\begin{matrix}C_6H_5ONa\\ C_6H_5ONa\end{matrix}\right\} = C_6H_5OH + C_6\left\{\begin{matrix}H_4\\ Na\end{matrix}\right\}ONa$$

2 Mol. Natrium-Phenol. Phenol. Dinatrium-Phenol.


$$C_6\left\{\begin{matrix}H_4\\ Na\end{matrix}\right\}ONa + COO = C_6\left\{\begin{matrix}H_4\\ COONa\end{matrix}\right\}ONa$$

Dinatrium-Phenol. Natriumsalicyls. Natron.

Bei dem Einleiten von Kohlensäure in das erhitzte Natrium-Phenol tritt stets eine Temperatur-Erhöhung ein. — Das gebildete natriumsalicylsaure Natron ist im auffallenden Gegensatz zu dem viel leichter zersetzbaren, neutralem salicylsauren Salz so beständig, daß es eine Temperatur von 300° verträgt, ohne sich zu zerlegen.

Dasselbe ist im Wasser mit dunkelbrauner Farbe sehr leicht löslich. Auf Zusatz von Salzsäure zu dieser Lösung gesteht das Ganze zu einem dicken Brei von ausgeschiedener Salicylsäure. Derselben sind bei richtig geleiteter Operation nur

Spuren von Phenol beigemischt. Das dicke Magma wird auf einen leinenen Spitzbeutel gebracht, und zuletzt durch Pressen daraus die Mutterlauge möglichst entfernt. Durch Umkrystallisiren oder durch andere Reinigungsmethoden erhält man die Salicylsäure fast rein, doch behält sie immer einen Stich ins Gelbliche. Wenn es sich darum handelt, dieselbe schneeweiß und absolut rein zu bekommen, so ist der beste Weg der, daß man sie nach den bekannten Methoden mit Methylalkohol oder Aethylalkohol ätherificirt, die reinen Aether durch Kochen mit Natronlauge zerlegt, und das Natronsalz mit Salzsäure fällt. Es ist kaum nöthig, die gefällte schneeweiße Salicylsäure, wenn sie mit Wasser gut ausgewaschen ist, nochmals umzukrystallisiren, um sie vollends zu reinigen."

Die Eigenschaften der nach dem eben beschriebenen Verfahren gewonnnenen Säure, sowie die Ergebniße der Elementaranalyse derselben lassen ihre Identität mit der Salicylsäure nicht bezweifeln. Die wesentlichsten Eigenschaften derselben sind nämlich folgende: Sie bildet farb- und geruchlose Prismen, die in kaltem Wasser schwer (1 Theil in 300 Theilen), in Alkohol und Aether leicht löslich sind. Sie schmelzen bei 155 bis 156° C. Bei vorsichtigem Erhitzen sublimirt die Säure. Nach Aug. Rautert*) kann man sie schon bei einer Temperatur von 170 bis 185° C. sublimiren, wenn man einen Strom überhitzten Wasserdampfes von gleicher Temperatur über sie hinwegführt. Bei raschem, stärkeren Erhitzen zerfällt sie in Phenol und Kohlensäure. Ihre Lösung wird durch Zusatz von Eisenchlorid tief blauviolett gefärbt. Sie wirkt in hohem Grade antiseptisch, was weiter unten ausführlicher besprochen werden soll.

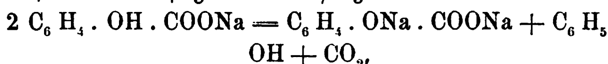
Die Salicylsäure wird in der Fabrik des Dr. v. Heyden in Dresden nach dem neuen Kolbe'schen Verfahren bereits im Großen dargestellt und in den Handel gebracht.

Kolbe hat indessen nicht blos die Wissenschaft mit einer neuen, sehr vortheilhaften Methode der Salicylsäurebereitung bereichert, vielmehr machte er bei dem Studium der Bedingungen, welche die Salicylsäurebildung begünstigen, und der Vorgänge, welche während derselben statt haben, noch verschiedene, äußerst interessante Beobachtungen. Als wichtigste Ergebnisse dieser

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875 S. 537.

Untersuchungen, bei welchen sich Kolbe durch seine Schüler resp. Assistenten Ihle, Hartmann, Ost unterstützt fand, mögen folgende erwähnt sein. Gleich dem Natriumphenol lieferten, wie zu erwarten war, auch die entsprechenden Phenolverbindungen, welche Calcium oder Barium enthalten, beim Erhitzen im Kohlensäurestrom Salicylsäure. Wurde aber Kaliumphenol im Kohlensäurestrom erhitzt, so bildete sich zwar ebenfalls Salicylsäure, wenn die Temperatur auf circa 145° erhalten wurde; wurde dieselbe aber bis gegen 220° gesteigert, so liefert die Schmelze nur die oben erwähnte mit der Salicylsäure isomere Paraoxybenzoesäure.

In Uebereinstimmung hiermit befinden sich folgende, von Ost*) gemachte Beobachtungen. Derselbe fand, daß trockenes neutrales salicylsaures Natron beim Erhitzen in einer Retorte auf ungefähr 220° C eine einfache, glatte Zersetzung erfährt, in der Weise, daß zwei Moleküle jenes Salzes geradeauf zerfallen in 1 Mol. Phenol, 1 Mol. Kohlensäure und 1 Mol. natriumsalicylsaures Natron, das sogenannte basische Salz der Salicylsäure, im Sinne folgender Gleichung:



$$2\ C_6H_4 . OH . COONa = C_6H_4 . ONa . COONa + C_6H_5 OH + CO_2,$$

als hingegen Ost neutrales salicylsaures Kali in einer Retorte auf 220° erhitzte und so lange auf dieser Temperatur erhielt, als kein Phenol mehr überging, zeigte sich bei fast ganz gleichem Verlauf des Prozesses, daß die rückständige Salzmasse keine Spur Salicylsäure mehr enthielt, sondern aus kalium-paraoxybenzoësaurem Kalium bestand. Die Paraoxybenzoesäure, welche nach Auflösen dieses Salzes in Wasser auf Zusatz von Salzsäure niederfällt, ist meist dunkel gefärbt, kann aber durch einen einfachen Reinigungsproceß leicht schneeweiß und chemisch rein erhalten werden. Von allen Methoden zur Darstellung der Paraoxybenzoesäure ist diese jetzt, wo die Salicylsäure so leicht zu beschaffen ist, entschieden die beste. Weitere Untersuchungen ergaben**), daß die Umwandlung der Salicylsäure in die isomere

*) Journal f. prakt. Chemie [II] 1875 Bd. 11, S. 24.

**) Ost, Inauguraldissertation über das Verhalten der Chlorsalylsäure, Salicylsäure und Paraoxybenzoësäure gegen schmelzende Alkalien. Leipzig 1875. S. 15.

Paraoxybenzoësäure nur mit dem neutralen oder basischen salicylsaurem Kali gelingt. Ein weiterer Zusatz von 1 Mol. Kalihydrat oder mehr zu letzterem verhindert die Umlagerung vollständig, indem die Salicylsäure je nach der Temperatur und der Größe des Kaliüberschusses entweder unverändert bleibt oder in Phenol und Kohlensäure zerfällt.

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen geht unzweifelhaft hervor, einen wie großen und wesentlichen Einfluß bei der Behandlung organischer Substanzen mit schmelzendem Alkali erstens die Natur des Alkalis (ob Kali oder Natron), zweitens die Temperatur, drittens die Menge des vorhandenen Alkalis auf die entstehenden Zersetzungsproducte ausübt. Erklären sich hierdurch einerseits die nicht selten einander widersprechenden Angaben verschiedener Chemiker über die Natur der Producte, welche sie durch Erhitzen der nämlichen Substanz mit Kalihydrat gewonnen haben, so erscheint es andererseits Angesichts der besprochenen Ueberführung der Salicylsäure in Paraoxybenzoësäure äußerst bedenklich, die Schmelzungen mit Kalihydrat als Mittel zu benutzen, um aus deren Ergebnissen Ortsbestimmungen für die Atome zu machen, wie dies ja mehrfach geschehen ist.

Die Erfahrung, daß die Salicylsäure sich aus Phenol oder Carbolsäure und Kohlensäure leicht zusammensetzen läßt, und die schon erwähnte Eigenschaft derselben, sich beim Erhitzen über den Siedepunkt in Carbolsäure und Kohlensäure zu spalten, führte Kolbe zu der Vermuthung, daß sie, ähnlich der Carbolsäure, Gährungs- und Fäulnißprozesse aufhalte oder ganz verhindere, und daß sie überhaupt antiseptisch wirke. Auch diese Vermuthung erwies sich als vollkommen richtig, und durch die Constatirung der antiseptischen Wirkung der Salicylsäure erlangte die aufgefundene, neue Darstellungsweise derselben erst ihre außerordentliche Wichtigkeit.

In einer ersten Abhandlung theilt Kolbe mit, daß die Salicylsäure in der That die Wirkung verschiedener Fermente zu vernichten oder aufzuhalten im Stande ist. Bekanntlich wird Amygdalin, eine in den bitteren Mandeln enthaltene, krystallisirbare Substanz, durch die Berührung mit Emulsin, einem ebenfalls in den Mandeln enthaltenen eiweißartigen Körper, unter Aufnahme von Wasser in Zucker, Bittermandelöl und Blau-

säure zerlegt. Kolbe zeigte, daß sich diese Zersetzung in einer mit sehr wenig Salicylsäure versetzten Amygdalinlösung, der eine (emulsinhaltige) Emulsion von süßen Mandeln beigefügt wurde, nicht vollzieht. Die Ursache ist in den Thatsachen zu erblicken, daß gelöstes Emulsin ebenso wie Hühnereiweiß durch wässrige Lösung von Salicylsäure coagulirt wird, und daß so coagulirtes Emulsin auf Amygdalin nicht mehr zersetzend einwirkt. Senfmehl, welches, mit lauwarmen Wasser angerührt, nach wenig Augenblicken einen starken Geruch nach Senföl erzeugt, giebt mit Wasser eine geruchlose Mischung, wenn demselben zuvor ganz wenig Salicylsäure beigemischt war. Hier verhindert also die letztere die sonst unter dem Einflusse des Myrosins (eines im Senfmehl enthaltenen Fermentes) vor sich gehende Zersetzung der im Senfmehl enthaltenen Myronsäure. Wird eine Traubenzuckerlösung mit wenig Salicylsäure (höchstens ein Tausendstel) vermischt, so übt Hefe keine Wirkung mehr auf erstere aus, und bereits in Gährung begriffene Zuckerlösung hört auf zu gähren, wenn man kleine Mengen Salicylsäure hinzufügt. Ebenso wird die Fäulniß des Harns durch Zusatz von Salicylsäure verzögert. Frisches Fleisch, mit Salicylsäure eingerieben, hält sich an der Luft wochenlang ohne zu faulen. Die dem Fleische anhaftende Salicylsäure läßt sich vor dem Gebrauche durch Abwaschen größten Theils wieder entfernen. Wurde gutes helles Bier in mit Papier lose bedeckten Bechergläsern theils ohne Zusatz, theils mit 0,8 Gramm Salicylsäure pro Liter versetzt, sich selbst überlassen, so begann das ohne Zusatz gebliebene schon am dritten Tage zu verderben und sich mit einer Pilzdecke zu überziehen, während das mit Salicylsäure versetzte selbst nach 14 Tagen noch keine Pilzbildung zeigte. Weniger als ein Tausendstel Salicylsäure, dem Biere beigemischt, genügt also, dasselbe vor dem Verderben durch Pilzbildung lange Zeit zu schützen.

Da sich die Salicylsäure in so hohem Grade antiseptisch wirkend erwies, lag es nahe, die zu ihr in nächster Beziehung stehenden Verbindungen auf die gleiche Eigenschaft zu prüfen. Bei hierauf gerichteten Untersuchungen*) gelangte Kolbe zu dem im

*) Journal f. prakt. Chem. (II) 1875. Bd. 11, S. 9 und Bd. 12, S. 149.

höchsten Grade überraschenden Resultate, daß die mit der Salicylsäure isomeren Säuren, die Paraoxybenzoësäure und Oxybenzoësäure (Metaoxybenzoësäure) der antiseptischen Eigenschaften ganz und gar entbehren. Auch Salicin, Saligenin und Salicylsäurealdehyd konnten weder die Wirkung des Emulsins hemmen, noch die Gährung einer mit Hefe versetzten Zuckerlösung verhindern. In gleicher Weise erwiesen sich die Gallussäure, Pyrogallussäure, Phtalsäure und Isophtalsäure wirkungslos. Bezüglich der Benzoësäure fand Kolbe, daß sie zwar nicht ohne antiseptische Wirkung ist, aber in dieser Beziehung weit hinter der Salicylsäure zurücksteht (siehe unten). Nur die Kresotinsäure (= Oxytoluylsäure = $C_8 H_8 O_3$, homolog der Salicylsäure und genau auf dieselbe Weise aus Natrium-Kresol, wie die Salicylsäure aus Natriumphenol erhalten) hält den Gährungsprozeß gerade so auf, wie die Salicylsäure, während wiederum die mit der Kresotinsäure isomere Mandelsäure die Alkoholgährung nicht aufzuheben vermag. Die Chlorsalylsäure (= Orthochlorbenzoësäure $C_7 H_5 ClO_2$), aus der Salicylsäure durch Behandlung mit fünffach Chlorphosphor gewonnen, schien bezüglich der Eigenschaft, die Gährung des Zuckers zu verhindern, der Salicylsäure nicht viel nach zu stehen. Endlich die aus der Paraoxybenzoësäure (welche selbst die Gährung nicht hemmt), mittelst fünffach Chlorphosphor gewonnene, mit der Chlorsalylsäure isomere Chlordracylsäure (= Parachlorbenzoësäure) hat nach einigen Versuchen, welche wegen ihrer Schwerlöslichkeit kein genaues Resultat zulassen, jedenfalls eine deutliche, gährungshemmende Wirkung.

Nicht minder auffallend ist die Erfahrung, daß nur die freie Salicylsäure antiseptisch wirkt, daß dagegen die wässrigen Lösungen ihrer neutralen Salze sich, wie es scheint, ganz indifferent verhalten; ebenso erwies sich der salicylsaure Methyläther als wirkungslos. In einer späteren Abhandlung *) zeigte Kolbe, das auch Salze, wie Borax und phosphorsaures Natron, von deren Lösungen Salicylsäure in weit größerer Menge aufgenommen wird, als von reinem Wasser, einen Theil der aufgelösten Salicylsäure zu binden vermögen. So nehmen drei Moleküle phosphorsaures Natron ($Na_2 HPO_4 + 12 H_2 O$) nahezu

*) Journ. f. pract. Chem. 1875, Bd. 12. S. 161.

zwei Moleküle Salicylsäure in chemischer Verbindung in sich auf. Auch die durch Salze gebundene Salicylsäure ist ihrer antiseptischen Wirkung beraubt, erlangt dieselbe aber wieder, wenn man sie z. B. durch Zusatz einer stärkeren Säure frei macht. Die in einer Lösung im freien Zustande enthaltene Salicylsäure läßt sich der Lösung durch Schütteln mit Aether entziehen, was bei der gebundenen nicht der Fall ist; man hat hierin ein Mittel, die Menge der freien Salicylsäure zu bestimmen, welche in einer Lösung neben gebundener enthalten ist. Möglicher Weise giebt es noch andere, an sich indifferent scheinende Substanzen, welche Salicylsäure zu binden vermögen. Jedenfalls sind z. B. in der Bierwürze Stoffe enthalten, welche mit der Salicylsäure in Verbindung treten (siehe unten); ob dies lediglich die in der Bierwürze enthaltenen Phosphate sind, oder ob auch andere darin vorhandene Stoffe, z. B. Eiweiß, diese Eigenschaft mit dem Phosphaten theilen, ist durch fernere Versuche zu entscheiden. Die im Vorstehenden mitgetheilten Thatsachen sind bei der praktischen Verwendung der Salicylsäure als Antisepticum wohl zu berücksichtigen. Da die Salicylsäure von reinem Wasser wenig, von Borax- und Natronphosphatlösungen aber reichlich gelöst wird, so hat man sich vielfach dieser Salzlösungen als Lösungsmittel für die Salicylsäure bedient; aus obigen Mittheilungen geht indessen hervor, daß man dadurch die Wirkung der Salicylsäure paralysirt.

Bei ihrer Fähigkeit, den Gährungsprozeß zu hemmen und Pilzbildung zu verhindern, erschien einerseits die Salicylsäure vorzüglich geeignet, zur Conservirung von Nahrungs- und Genußmitteln verwendet zu werden, und durfte man andererseits vermuthen, daß sie auch die schädlichen Einflüsse contagiöser Stoffe zu vernichten vermöge, und daher auch als Arzneimittel eine wichtige Rolle zu spielen berufen sei. Ehe man sich indessen entschloß, größere Mengen Salicylsäure dem Körper zuzuführen, war es wünschenswerth, sich zu überzeugen, daß dieselbe innerlich genommen, der Gesundheit nicht nachtheilig werde. Auch hierfür brachte Kolbe den Beweis auf. Nachdem er selbst wie mehrere seiner Assistenten und Praktikanten fortgesetzt steigende Quantitäten von Salicylsäure zu sich genommen, gelangte er zu der Ueberzeugung, daß dieselbe in Dosen von 1 bis 1,5 Gramm pro Tag genommen, in dem

normalen Gesundheitszustande des Körpers in keiner Weise eine Aenderung hervorbringt. Zürn*), welcher an einem Hunde experimentirte, beobachtete an dem Versuchsthiere, nachdem es mehrfach je 1 Gramm Salicylsäure pro Tag zu sich genommen, weder Unwohlsein oder Unbehagen, noch Appetitstörung, nur etwas erhöhte Körperwärme. Bei der Section des geflissentlich getödteten Versuchsthieres zeigte sich auf den Schleimhäuten des Intestinaltractus nirgends eine Anätzung, so sorgfältig auch auf solche untersucht wurde. Sonach erscheint die Salicylsäure in ziemlich bedeutenden Dosen genommen, noch unschädlich. Hierdurch und dadurch, daß sie geruchlos ist und einen nur schwachen, süß-sauren Geschmack hat, unterscheidet sie sich sehr vortheilhaft von der Carbolsäure, die ihr übrigens in vieler Beziehung ähnlich wirkt.

Diese hervorragenden Eigenschaften haben der Salicylsäure in kurzer Zeit bereits manche erfolgreiche Anwendung verschafft. Zu vielen Zwecken ist ihre Verwendung empfohlen, und ist man im Begriff, die Bedingungen zu ermitteln, unter denen die Verwendung wirklich vortheilhaft erscheint. Da die Vorschläge, die Salicylsäure nutzbar zu machen, außerordentlich zahlreich sind, wird mancher derselben sich vielleicht nicht bewähren; für manche Zwecke wird man erst nach längeren Erfahrungen die Salicylsäure in richtiger, d. h. in nutzbringender Weise verwenden lernen, und während man experimentirt, wird es an einander entgegengesetzten Ansichten nicht fehlen, die theils für theils gegen die Verwendbarkeit zu dem einen und dem andern Zwecke sprechen. Denn wo außerordentlich Viele experimentiren, da pflegt es nicht auszubleiben, daß manchem Versuche eine Beweiskraft zugeschrieben wird, die ihm nicht zukommt. Es wird also einige Zeit vergehen müssen, ehe wir die Wichtigkeit der Salicylsäureverwendung in ihrem ganzen Umfang richtig zu beurtheilen vermögen. In dem Folgenden möge auf einige specielle Verwendungen aufmerksam gemacht sein, die theils bereits erprobt sind und sich bewährt haben, theils erwarten lassen, daß sie, wenn man weitere Erfahrungen gesammelt hat, eine allgemeine Anerkennung und Verbreitung finden werden. Rud. Wagner berichtet**) über die Ergeb-

*) Journ. f. prakt. Chem. 1875, S. 215.
**) Deutsche Industrie Zeitg. 1875, S. 253.

nisse seiner noch nicht abgeschlossenen Versuche, welche die Prüfung der Verwendbarkeit der Salicylsäure nach verschiedenen Richtungen hin zum Zwecke hatten. Bezüglich der Verwendung zur Conservation von Nahrungsmitteln sagt er, daß er es vortheilhaft gefunden habe, frisches Fleisch nicht, wie Kolbe empfiehlt, mit trockener Salicylsäure einzureiben, sondern mit einer gesättigten, wässrigen Lösung übergossen, in gut verschlossenen Gefäßen aufzubewahren. So behandeltes frisches Ochsenfleisch zeigte nach 2 Monaten keine Spur eines an Zersetzung erinnernden Geruches. Es ist nach Wagner bemerkenswerth, daß die rothe Farbe des rohen Fleisches durch die Salicylsäurelösung nach kurzer Zeit in die graue Farbe des gesottenen Fleisches übergeht. Auch Kolbe ist im Begriff, die conservirende Wirkung, welche die Salicylsäure auf Fleisch ausübt, durch fortgesetzte Versuche zu prüfen, und bemerkt, daß, wenn dieselben ein günstiges Resultat geben, die Salicylsäure ein Mittel zu werden verspricht, welches ermöglicht, daß ein Theil der Fleischmengen, welche jetzt in Fray-Bentos auf Liebig'schen Fleischextract verarbeitet werden, in Fässer gepackt aus Südamerika in wohlerhaltenem und schmackhaftem Zustande mit geringen Kosten uns zugeführt wird. Als Zusatz zum Pökelsalz für Fleischwaaren und Würste hält R. Wagner indessen die Salicylsäure vor der Hand für wichtiger, als für die directe Conservirung von Fleisch. Für die Schinken- und Wurstbereitung ist nach ihm die Einführung einer aus dem Phenol entstandenen Substanz, die bis zu einem gewissen Grade die Wirkung des Räucherns zu ersetzen vermag, ohne Widerrede von großem Nutzen. Die Bildung des Wurstgiftes, das in Süddeutschland immer noch Opfer fordert, wird durch entsprechenden Zusatz von Salicylsäure zur Wurstmasse vermuthlich verhütet werden können. Die in Süddeutschland übliche, ungesalzene Butter hält sich mit etwas Salicylsäure (1 bis 2 pro Mille) zusammengeknetet, oder besser vielleicht noch unter verdünnter Salicylsäurelösung aufbewahrt, selbst in der heißen Jahreszeit drei bis fünfmal so lange, als ungesalzene Butter ohne Salicylsäure. Für das Einmachen von Früchten ist die Salicylsäure von großem Werth. Ebenso wird die Anwendung derselben für die Conservirung von Gurken, Bohnen, Spargel u. s. w. von Erfolg sein.

Kolbe schlägt vor, Trinkwasser mit Hülfe der Salicylsäure vor dem Verderben zu schützen. Bekanntlich kommen während längerer Seereisen, besonders auf Segelschiffen, häufige Erkrankungen vor infolge des Genusses von dem in Fässern mitgeführten Wasser, welches allmälig verdirbt. Versuche sind im Gange, bei welchen Wasser theils ohne jeglichen Zusatz, theils mit Zusatz verschiedener kleiner Mengen Salicylsäure (im Maximum 1 Gr. pro 20 Liter) in Fässern aufbewahrt wird. Dabei werden die oberen Spundlöcher offen gelassen und nur mit salicylirter, (d. h. mit Salicylsäurelösung getränkter) Baumwolle lose bedeckt, welche zu chirurgischen Zwecken jetzt mehrfach benutzt und in den Handel gebracht wird. So wird die in die Fässer eintretende Luft einer Filtration unterworfen, welche wahrscheinlich allein schon einen günstigen Einfluß auf die Conservirung des Trinkwassers ausübt.

C. Neubauer*) erblickt in der Salicylsäure ein lange gewünschtes Mittel, das sich der Weintechnik darbietet, um Nachgährungen zu verhindern, Schimmelbildungen aus den Fässern ferne zu halten u. s. w. Durch eine lange Reihe offenbar mit großer Sorgfalt ausgeführter Versuche über die gährungshemmende Wirkung, welche Salicylsäure auf mit Weinhefe versetzten Most ausübt, bestätigt derselbe nicht nur, daß wir in ihr ein Antisepticum von unvergleichlichem Werthe haben, sondern gelangt auch zu folgendem, speciell für die Weintechnik wichtigen Schlüssen:

1) Die Salicylsäure eignet sich nicht zur Behandlung eines noch in der Gährung begriffenen Weines, da zur Unterdrückung einer noch nicht beendeten Gährung verhältnißmäßig große Mengen der Säure erforderlich sind.

2. Die Salicylsäure wird voraussichtlich da gute Dienste leisten, wo es sich darum handelt, Weine, die klar sind und auf der Höhe ihrer Entwicklung stehen, derartig haltbar für das Flaschenlager herzustellen, daß mit Sicherheit ein späteres Umschlagen auf der Flasche nicht mehr zu befürchten ist. Die lästigen Trübungen, die in Folge von unliebsamen Nachgährungen so häufig im Weine entstehen und die bis jetzt nur durch Filtriren oder das beliebte Schönen zu entfernen sind,

*) Journ. f. prakt. Chem. [2] 1875. Bd. 11, S. 1 und 354.

werden verschwinden, sobald man durch einen geringen Zusatz von Salicylsäure die Hauptursache jener Trübungen, die Nachgährungen, beseitigt.

3) Die Salicylsäure ist wohl geeignet, manche Weinkrankheiten zu verhindern, sehr viel weniger aber dazu, um Weine, die bereits in der Krankheit weiter fortgeschritten sind, wieder vollständig gesund zu machen.

4) Allgemein gültige und unfehlbare Recepte über die Quantitäten von Salicylsäure, die man für 1000 Liter Wein nothwendig hat, um denselben gegen alle Gefahren ein für allemal zu schützen, lassen sich nicht wohl geben. Es verbietet sich dieses aus dem einfachen Grunde, weil die Qualität der Weine, der größere oder kleinere Gehalt an Alkohol, an Fermentstoffen, an noch vorhandenen Hefenzellen, ebenso wie etwa bereits schon vorhandene Kahm- oder Essigpilze, hierbei von ganz entschiedenem Einflusse sind.

5) Zunächst müssen von Seiten der Weinproducenten und Weinhändler stets Vorversuche im Kleinen mit der fraglichen Weinsorte angestellt werden, ehe man zur Behandlung großer Quantitäten übergehen kann. Zur Anstellung solcher Versuche empfiehlt es sich, 2 Gr. Salicylsäure in 100 Cubikcentimeter Weingeist zu lösen und von dieser Lösung jeder Flasche Wein 1 bis 3 Cc., entsprechend 0,02 bis 0,06 Gr. zuzusetzen, um ihre Wirkungen auf den Wein unter verschiedenen, äußeren Verhältnissen kennen zu lernen. Je nach Ausfall dieser unumgänglich nothwendigen Versuche mag man sodann zur Anwendung im Großen übergeben.

Um jeder Schimmelbildung im Inneren der Fässer vorzubeugen, empfiehlt Neubauer dieselben mit einer ganz verdünnten Salycilsäurelösung auszuschwenken. Ohne Zweifel setzt eine allgemeinere Verwendung der Salicylsäure in den mit der Leitung von Gährungsprocessen sich befassenden Zweigen der Technik noch die Beantwortung mancher Frage voraus; insbesondere war zu ermitteln, wieviel Salicylsäure erforderlich ist, um eine bestimmte Menge Hefe unter verschiedenen Umständen unwirksam zu machen. Wenn schon ein großer Theil der erwähnten, von Neubauer angestellten Versuche die Erörterung dieser Frage zum Ziele hatte, so ist dieselbe namentlich durch eine sehr gründliche Untersuchung, welche E. v. Meyer in

Gemeinschaft mit Kolbe*) ausführte, in befriedigender Weise beantwortet worden. Der bedeutende Umfang dieser Untersuchung gestattet nicht, die einzelnen Versuche zur Begründung der aus ihnen gezogenen Folgerungen hier detaillirt zu beschreiben, doch möge das Resumé hier folgen, in welchem die Genannten die von ihnen gewonnenen Resultate zusammenfassen:

1) Die Menge Bierhefe, welche durch Salicylsäure unwirksam gemacht wird, nimmt, bei gleichen Flüssigkeitsmengen, mit der Menge zugefügter Salicylsäure unverhältnißmäßig stark und in einem viel größeren Verhältniß zu, als den wachsenden Salicylsäuremengen direct entspricht, was daraus hervorgeht, daß in einem Liter Zuckerlösung 0,25 Gr. Salicylsäure 1 Gr. Hefe, 0,5 Gr. Salicylsäure 15 Gr. Hefe, 0,75 Gr. Salicylsäure 55 Gr. Hefe zu tödten vermag. Während also die Salicylsäure im Verhältniß von 1 : 2 : 3 wächst, stehen die davon getödteten Hefenmengen im Verhältniß von 1 : 15 : 55.

2) Unterhalb gewisser Grenzen, z. B. bei Anwendung von weniger als 0,40 Gr. Salicylsäure auf 1 Liter Zuckerlösung nimmt die gährungshemmende Kraft in viel geringerem Grade ab, als sie oberhalb jener Grenzen wächst, wodurch es zu erklären ist, daß nach Neubauer's Versuchen sehr geringe Mengen von Salicylsäure noch sehr kleine Hefenmengen im Most unwirksam zu machen vermögen.

3) Die gährungshemmende Wirkung, welche eine bestimmte Menge Salicylsäure in einer Zuckerlösung auf eine bestimmte Menge Hefe ausübt, ist nicht unter allen Umständen dieselbe; sie hängt wesentlich von dem Grade der Verdünnung der Gährungsflüssigkeit ab, und steht im umgekehrten Verhältnisse zu der Menge der letzteren, während der Zuckergehalt derselben, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, keinen merklichen Einfluß ausübt.

4) Zur Sistirung der eingeleiteten Gährung in reiner Zuckerlösung genügen dieselben minimalen Mengen Salcitylsäure, welche, wenn sie gleich zu Anfang zugesetzt wären, die Gährung sogleich unterdrückt haben würden.

5) Die Hefe, welche durch Berührung mit Salicylsäure

*) Journal f. prakt. Chem. 1875 [2] B. 12. S. 133.

ihre Eigenschaft, Zuckerlösung in Gährung zu versetzen, eingebüßt hat, ist dieser Kraft dauernd verlustig geworden. Sie vermag nachher, auch wenn durch Auswaschen alle Salicylsäure entfernt ist, in neuer Zuckerlösung keine Gährung mehr hervorzurufen.

6) Die Salicylsäure erleidet in einer mit Hefe versetzten Zuckerlösung selbst keine chemische Veränderung, auch wenn die Hefenmenge so beträchtlich ist, daß sie durch die Salicylsäure nicht ganz abgetödtet wird.

7) In Salicylsäure haltenden Zuckerlösungen können sehr große Mengen Hefe durch die Salicylsäure unwirksam gemacht und getödtet werden, wenn die Hefe nach und nach in kleineren Portionen eingetragen wird.

H. Fleck*) hat die Richtigkeit der Beobachtungen oder Schlußfolgerungen Neubauer's, Kolbe's und E. v. Meyer's angezweifelt. Derselbe versetzte gleiche Mengen frischbereiteter Gerstenmalzwürze mit gleichen Mengen in Wasser vertheilter Preßhefe und mit verschiedenen Mengen der Auflösungen von Salicylsäure oder Benzoësäure, und beobachtete den Verlauf der eintretenden Gährung. Er fand, daß in diesen Würzen der Verlauf der Gährung durch Benzoësäure durchgängig in höherem Maaße gehemmt wurde, als durch eine gleiche Menge Salicylsäure und schloß aus seinen Versuchen, daß Benzoësäure Gährungserscheinungen in sehr hohem Grade beeinträchtige, während Carbolsäure und Salicylsäure unter Umständen sogar die Gährung beschleunigen können. Aus ferneren, vergleichsweise mit Benzoësäure, Carbolsäure und Salicylsäure angestellten Conservirungsversuchen schließt Fleck, daß die Salicylsäure weder als fäulnißwidriges Mittel noch gegen die Schimmelbildung für albuminhaltige Flüssigkeiten verwerthbar sei, daß hingegen Carbolsäure und Benzoësäure eine leicht zersetzbare Fleischflüssigkeit wenigstens einen Monat hindurch vollkommen unverändert erhalten und infolge dessen die Salicylsäure, welche dies nicht vermag, völlig entbehrlich machen.

Nach Fleck ist die Salicylsäure eben so wenig wie die

*) Fleck, Benzoësäure, Carbolsäure, Salicylsäure, Zimmtsäure. — Vergleichende Versuche zur Feststellung des Werthes der Salicylsäure als Desinfectionsmittel, insbesondere als Pilz- und Hefengift. München 1875.

Carbolsäure und Benzoësäure ein Hefengift. Nach ihm ist die mit den genannten Säuren behandelte Hefe im Stande, zumal bei höherer Gährungstemperatur und hinreichender Hefennahrung die Gährung ungeschwächt zu erregen und durchzuführen, und er behauptet, daß die Salicylsäure nur dann Gährung vernichtend wirkt, wenn die Menge der letzteren hinreicht, um die stickstoffhaltige Hefennahrung in der Gährungsflüssigkeit zu binden, d. h. die Hefe auszuhungern, dadurch, daß die Albuminate der Gährungsflüssigkeit durch Salicylsäure in eine der Hefe ungenießbare Nahrung verwandelt werden.

Wie man sieht, stehen die Schlüsse, zu welchen Fleck gelangte, zum Theil in directem Widerspruch zu dem Kolbe'schen. Ohne Zweifel waren die entgegensetzten Resultate, zu denen man gekommen war, zunächst dadurch veranlaßt, daß Fleck mit Bierwürze, dagegen Neubauer mit Most, und Kolbe und E. v. Meyer mit Traubenzuckerlösung experimentirt hatten. In einer sehr ausführlichen, hauptsächlich gegen die Fleck'schen Behauptungen gerichteten Abhandlung sagt Kolbe*):

„Daß die Salicylsäure in der Bierwürze die Gährung nicht unterdrückt, daß dies aber die Benzoësäure bis zu einem gewissen Grade vermag, rührt einfach daher, daß jene sich mit dem in der Würze vorhandenen Stoffen chemisch verbindet und dadurch ihre Wirksamkeit so lange einbüßt, bis sie durch stärkere Säuren daraus freigemacht wird, daß aber dieselben Stoffe in der Würze, welche mit der Salicylsäure Verbindungen eingehen, die Benzoësäure in viel geringerem Grade binden".

Daß die Salicylsäure nur in freiem Zustande antiseptisch wirkt, ist schon oben dargelegt worden. Indem nun Kolbe eine mit Salicylsäure und eine mit Benzoësäure versetzte Würze mit Aether ausschüttelt, dann mit Salzsäure versetzt und wieder mit Aether ausschüttelt und die in den ätherischen Lösungen enthaltenen Mengen von Salicylsäure, resp. Benzoesäure, bestimmt (siehe oben S. 373) weist er nach, daß in der That die in der Bierwürze enthaltenen Stoffe sehr wesentliche Mengen von Salicylsäure, dagegen viel geringere Mengen von Benzoësäure zu binden vermögen. Und indem Kolbe weiter durch gemeinschaftlich mit E. v. Meyer ausgeführte Versuche zeigt,

*) Journal f. prakt. Chem. 1875 [2]. Bd. 12, S. 172.

daß in einer mit Benzoësäure, resp. mit Salicylsäure und darnach mit Salzsäure versetzten Würze, erstere in schwächerem, letztere dagegen in stärkerem Maaße sich gährungshemmend erweist, begründet er vollkommen den obigen Ausspruch.

Bezüglich der Behauptung Fleck's, daß Salicylsäure die Hefe überhaupt nicht tödte, daß letztere vielmehr nach ihrer Behandlung mit Salicylsäurelösung noch im Stande sei, Gährung zu erregen, erwiedern E. v. Meyer und Kolbe, daß Würze, wie sie sich durch directe Versuche überzeugten, auch ohne Hefezusatz beim Stehen unter den Bedingungen, unter welchen Fleck operirte, in Gährung gerathe, und daß somit Fleck's Versuche, auf die sich jene Behauptung stützt, und bei welchen Würze in Gährung kam, der mit Salicylsäure behandelten Hefe zugesetzt worden war, aller Beweiskraft vollständig entbehren, da sie ohne einen Parallelversuch ausgeführt wurden, bei welchem die Würze ohne Hefezusatz blieb. Andrerseits weisen v. Meyer und Kolbe darauf hin, daß die Salicylsäure, um ihre tödtende Wirkung auf die Hefe zur vollen Entfaltung bringen zu können, mit dieser in innigster Berührung gewesen sein müsse, so daß kein Hefetheilchen intakt bleiben konnte.

Nach R. Wagner*) wird die Salicylsäure für die Lederfabrikation von Bedeutung werden, wo man sich — eine Preisermäßigung vorausgesetzt — ihrer wässrigen Lösung statt der bisher angewendeten Schwellbeize zum Schwellen oder Treiben des Corium (der sogenanten Blöße) bedienen wird. Das Treiben des Corium mittelst Salicylsäurelösung geht nach Wagner in normaler Weise vor sich und die Blöße ist nach einigen Tagen zur Aufnahme der Gerbmaterialien geeignet. Einige Stücke Blöße von Rindshäuten der stärksten Sorte, wie sie in den Rothgerbereien zur Herstellung des Sohlenleders genommen werden, zeigten nach vierwöchentlichem Verweilen in einer 1/20 gesättigten Lösung von Salicylsäure noch keine Spur eines Zersetzung verrathenden Geruchs, während Stücke der nämlichen Blöße in gewöhnlichem Wasser schon nach acht Tagen einen unerträglichen Geruch entwickelten. Die so geschwellten Blößen nehmen eine röthliche Farbe an. Wie es scheint, sagt

---

*) Journal f. prakt. Chem. 1875 [2]. Bd. 12. S. 189.
**) Deutsche Industriezeitg. 1875. S. 253.

R. Wagner, kann die Salicylsäure bis zu einem gewissen Grade die gerbende Wirkung der Eichenrinde und ähnlicher Gerbmaterialien unterstützen, und behält sich Wagner über diesen Punkt, von dem er glaubt, daß er möglicherweise eine hohe wirthschaftliche Bedeutung erlangen könne, weitere Versuche vor.

Die Schlichte der Weberei läßt sich, wie ebenfalls R. Wagner berichtet, durch Versetzen mit einer Salicylsäure-Lösung lange Zeit unverändert aufbewahren. Dem Kleister der Buchbindereien, Portefeuille- und Cartonagefabriken u. s. w. kann durch Salicylsäure eine vierwöchentliche Haltbarkeit ertheilt werden, während der nämliche Kleister ohne Salicylsäure in der wärmeren Jahreszeit nach einigen Tagen schon seine Consistenz verliert, die Klebkraft einbüßt und milchsauer wird.

Für die Parfümerie ist die künstliche Darstellung ein nicht unerheblicher Gewinn. Neben dem künstlichen Gaultheriaöl (salicylsaurer Methyläther) werden auch die entsprechenden Aethyl- und Amyläther zum Parfümiren und Aromatisiren Verwendung finden. An aus Gaultheriaöl dargestelltem, längere Zeit aufbewahrtem Kaliumsalicylat nahm R. Wagner schon vor vielen Jahren einen intensiven Rosengeruch wahr, und wies derselbe schon damals auf die Möglichkeit hin, aus Salicylsäure ein Rosenwasser herzustellen, da er beim Destilliren des Products ein nach Rosen riechendes Destillat erhielt.

Kolbe empfiehlt ein mit Salicylsäure und ein paar Tropfen künstlichem Salicylsäure-Methyläther vermischtes Zahnpulver, wie auch eine mit etwas reinem, künstlichen Gaultheriaöl versetzte alkoholische Lösung von Salicylsäure, welche, in kleiner Menge in lauwarmem Wasser vertheilt, ein vorzügliches, sogenanntes Mundwasser liefert zur Reinhaltung des Mundes und der Zähne. Ebenso soll sich die Salicylsäure als vortreffliches Mittel bewährt haben, dem riechenden Fußschweiß, an welchem Manche leiden, den üblen Geruch zu benehmen, also die Bildung der Buttersäure, Valeriansäure und der verwandten Säuren, welche die Füße corrodiren, zu verhindern, ohne den Schweiß selbst zu unterdrücken. Infolge dessen bieten bereits mehrere Pharmacieen die eben erwähnten Mischungen zum Reinhalten der Zähne und des Mundes, sowie auch Streupulver zum Verkauf aus, welches aus Salicylsäure, Talk,

pulverisirter Seife und Stärke bereitet ist und zum Betupfen der Füße dienen soll.

Ueber die Verwendbarkeit der Salicylsäure zu chirurgischen Zwecken wurden zunächst in der chirurgischen Abtheilung des Leipziger Hospitals Versuche angestellt, über deren erste Ergebnisse Prof. Thiersch an Kolbe berichtet wie folgt:

„Auf noch nicht gereinigten Quetschwunden und auf schorfenden Krebsflächen als Pulver für sich oder mit Stärkemehl vermischt, aufgestreut, zerstört die Salicylsäure für lange Zeit die Fäulnißgerüche, ohne nennenswerthe entzündliche Erscheinungen hervorzurufen. Ueber ihre Wirkung bei frischen Wunden liegen bis jetzt folgende Thatsachen vor. Während der Operation wurde die Wunde unter einem Sprühnebel von Salicylsäure in Wasser (1 : 300) gehalten. Der Verband der Wunde bestand 1) in Wundwatte, mit Salicylsäure im krystallisirten Zustande imprägnirt. Die Watte wird mit Salicylsäure in Wasser (1 : 300) genetzt, ebenso die Mullbinde, mit welcher die Watte festgehalten wird. Hinterher fortwährende Beträufelung des Verbandes mit Salicylsäurelösung (1 : 300), etwa 8 Tropfen in der Minute. Nach einer am 27. April vorgenommenen Oberschenkel=Amputation hatte Patient bei jener Behandlung keine Schmerzen, keine Geschwulst, kein Fieber. Die erste Erneuerung des Verbandes fand am sechsten Tage statt. Die Wunde war bis auf einige kleine Stellen geschlossen. Das während dieser sechs Tage unter dem Verbande zurückgehaltene Wundsekret war geruchlos."

„Mit gleich günstigem Ergebniß wurde am 4. Mai eine Amputation des Oberarmes und am 5. Mai Resektion des Oberarmes ausgeführt. Wenn Salicylsäure mit Wunden in Berührung ist, so tritt sie alsbald in großer Menge im Harn auf. Die bisherigen Erfahrungen berechtigen zu der Hoffnung, daß Salicylsäure die guten Wirkungen ohne die unangenehmen der Carbolsäure hat."

In einer späteren, sehr ausführlichen Abhandlung*) „über klinische Ergebnisse Lister'scher Wundbehandlung und über den Ersatz der Carbolsäure durch Salicylsäure", welche zu Versuchen in weiteren Kreisen Veranlassung geben soll, sagt

*) Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge 1875. März.

Thiersch, daß er die antiseptische Wirkung der von ihm versuchten Salicylverbände für ebenso zuverlässig halte, als die Lister'schen Carbolverbände. Dabei besitze die Salicylsäure zwei Vorzüge, da sie weniger reizt und nicht flüchtig ist. Sie kann also in größerer Menge dem Verband einverleibt werden, und kann der Verband länger liegen bleiben, als der Carbolverband, ohne den Erfolg zu gefährden. Daß die Salicylsäure geruchlos ist, wird ihr auch bei Manchen zur Empfehlung dienen. Statt der Salicylwatte empfiehlt Thiersch mit Salicylsäure imprägnirte Jute zu verwenden. Das Imprägniren kann auf folgende Weise geschehen:

2,5 Kilogramm Jute werden eingetragen in eine auf 70—80° erwärmte Lösung von 75 Gramm Salicylsäure
600 Gramm Glycerin
4,5 Liter Wasser.

Nach dem Trocknen der imprägnirten Jute erhält man einen wenig stäubenden, weichen, geschmeidigen, dem Flachs ähnlichen Verbandstoff, welcher dickflüssigen Eiter vollständiger in sich aufnimmt und gleichmäßiger zur Vertheilung bringt, als Watte.

Thiersch glaubt daher, daß bei allen großen Verbänden Jute den Vorzug vor Watte verdiene, wenngleich letztere weicher und zarter ist. Bei der Erzeugung von Sprühnebeln zieht Thiersch die Salicylsäure der Carbolsäure vor, weil erstere die Wunden weniger reizt; Andere geben der Carbolsäure den Vorzug, weil diese nicht zum Husten und Nießen reizt und wieder vollständig verdunstet. Zur Desinfection der Instrumente eignet sich die Salicylsäure wegen eintretender Rostbildung nicht.

Daß man sich im Hinblick auf die merkwürdigen Eigenschaften der Salicylsäure veranlaßt sehen mußte, die Wirkung zu prüfen, welche dieselbe in Krankheitsfällen bei innerlicher Verabreichung ausübt, wurde oben schon erwähnt. Kolbe*) schreibt mit Bezug hierauf Folgendes:

„Als Arzneimittel für innerlichen Gebrauch scheint die Salicylsäure bis jetzt noch wenig benutzt worden zu sein, und doch verspricht dieselbe wegen ihrer antiseptischen Eigenschaften

*) Journ. f. prakt. Chem. [2]. 1875. Bd. 11. S. 20.

bei allen Blutkrankheiten, speciell bei solchen, welche durch Contagien erzeugt sind, ein Heilmittel zu werden."

„Möchten doch die Herren Aerzte und insbesondere die Kliniker sich bewogen finden, die Wirkungen der Salicylsäure bei innerlichem Gebrauche zu studiren, insbesondere zu versuchen, ob und in welchem Maaße größere oder kleinere Dosen von Salicylsäure bei Scharlach, Diphtheritis, Masern, Pocken, Syphilis, Dyssenterie, Typhus, Cholera u. a. m. auf den Verlauf der Krankheiten influiren, ob nicht auch Pyämie damit geheilt und die Folgen eines Bisses eines von Hundswuth ergriffenen Thieres abgewendet werden können. — Wenn endlich die Herren Thierärzte sich entschließen wollten, die Wirkungen der Salicylsäure bei Thieren zu beobachten, welche von Milzbrand, Klauenseuche, Rotz u. s. w. befallen sind, oder zu prüfen, ob die Salicylsäure gegen jene Krankheiten Schutz gewährt, so dürften nicht uninteressante Resultate herausspringen."

Diese Aufforderungen sind nicht unbeachtet geblieben, doch stehen die Resultate, zu denen die verschiedenen Aerzte bis jetzt gelangt sind, zum Theil noch im Widerspruch zu einander. Nach Fontheim*) bewährt sich die Salicylsäure in ausgezeichnetster Weise bei Diphtherie. Derselbe gab den Patienten eine Salicylsäurelösung (2 Gr. Salicyls. gelöst in Weingeist und mit 200 Cub. Cent. Wasser verdünnt) zu innerlichem Gebrauch, dreistündlich einen Theelöffel voll, ließ stündlich damit gurgeln, und tränkte den Schwamm damit, welchen er, an einem steifen Fischbein befestigt, zum Abschaben der Pilze von den Gebilden des Rachens benutzte. Von 32 auf diese Weise behandelten Patienten starb kein einziger und die Abkürzung der Krankheitszeit gegen früher war eclatant. Selbst als Prophylacticum verwendet, erwies sich die Säure erfolgreich. Dr. W. Wagner**) in Friedberg bestätigt gleichfalls die außerordentliche Heilkraft der Salicylsäure bei Diptheritis. Seit er sich dieses Mittels bedient, hatte er unter 15 zum Theil sehr schweren Fällen keinen Verlust zu beklagen. Weiter erzielte W. Wagner in mehreren Fällen von Erkrankungen des Magens und Darmcanals mit abnormer Gährung ihres In=

*) Journal f. prakt. Chem. [2] 1875. B. 11. S. 211.
**) Journal f. prakt. Chem. [2] 1875. B. 11. S. 57.

halts, bei heftigen Diarrhöen u. s. w. durch Verwendung der Salicylsäure sehr günstige Erfolge. Er hält den Gebrauch derselben für versuchenswerth in allen Krankheitsfällen, von denen man annehmen darf, daß sie durch kleinste Organismen erregt werden.

Anderer Ansicht sind Feser und Friedberger, Professoren an der Centralthierarzneischule in München, welche, obgleich sie früher die Salicylsäure als eine im hohen Grade antiputrid wirkende Substanz bezeichneten, später*) die Meinung aussprachen, daß die Salicylsäure zur innerlichen Behandlung gegen allgemeine putride Infection nicht zu gebrauchen sei, da ihrer Beobachtung zufolge kleine Dosen nichts nützen, große Dosen hingegen bedeutend schaden und die im Körper vor sich gehenden putriden Processe doch nicht im Mindesten verhindern. Bezüglich einer scharfen Kritik der Feser- und Friedberger'schen Untersuchungen von Seiten Kolbe's sei auf das Journal für praktische Chemie B. 12 S. 161 ff. verwiesen.

Gewiß erfordert die Frage ob, beziehentlich wie die mit zweifellos stark antiseptischen Eigenschaften begabte Salicylsäure bei Infectionskrankheiten innerlich zu verwenden sei, eine sorgfältige, nicht in wenigen Wochen zum Abschluß zu bringende Erörterung. Im Laufe derselben wird man auf manche Schwierigkeit stoßen. Kolbe selbst weist auf einige derselben hin, indem er sagt:

„Da das Blut alkalisch reagirt und phosphorsaure Salze, also Substanzen gelöst enthält, welche die Salicylsäure bei innerlichem Gebrauche chemisch binden, so ist vorauszusehen, daß diese in Folge dessen einen großen Theil ihrer therapeutischen Wirkungen im Körper einbüßt. Um nachzuweisen, daß die Blutbestandtheile die Salicylsäure wirklich binden, wurden 200 Cbc. klares Hundeblutserum von deutlich alkalischer Reaction mit 1 Gr. Salicylsäure gemischt und damit bei Bluttemperatur längere Zeit digerirt. Diese Mischung, worin sich dicke Flocken von coagulirtem Eiweiß ausschieden, wurde mehrmals mit jedesmal neuen Mengen Aether ausgeschüttelt. Das Ge-

*) Archiv für wissenschaftliche und praktische Thierheilkunde 1875. Heft 2. 3 u. 4.

wicht der so in Lösung gegangenen Salicylsäure, bei 60° getrocknet, betrug 0,34 Gr. Es waren demnach 0,66 Gr., also nahezu 2/3 der angewendeten Salicylsäure in dem Blutserum fester gebunden zurückgeblieben. Die rückständige Flüssigkeit gab in der That nach Zusatz von 3 Cbc. concentrirter Salzsäure an Aether bei gelindem Schütteln reichliche Mengen von Salicylsäure ab, welche diesmal nicht quantitativ bestimmt wurde."

„Jene Erfahrungen leiten zu dem Schluß, daß, um von der Salicylsäure bei innerlichem Gebrauch als Arzneimittel guten Erfolg zu haben, bei ihrer Verabreichung thunlichst dafür zu sorgen ist, daß sie bei ihrer Circulation im Blute, überhaupt im Körper, chemisch ungebunden bleibe, was vielleicht einfach dadurch zu erreichen ist, daß man ihr bei innerlichem Gebrauch durch vorausgehende oder gleichzeitige Verabreichung passender Säuren: Salzsäure, vielleicht auch acidum Halleri oder saures, schwefelsaures Kali den Boden, auf dem sie wirken soll, ebnet und im geeigneten Zustande erhält. Möchten die Aerzte diese Erfahrungen benutzen, um auf Grund derselben festzustellen, wie die verabreichte Salicylsäure den Körper am besten und sichersten im ungebundenen Zustande durchläuft."

Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß manche der Verwendungen, die man für die Salicylsäure in Aussicht genommen hat, bei sorgfältiger Prüfung sich nicht als zweckmäßig erweisen werden; in jedem Falle wird jedoch die Salicylsäure noch der Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung bleiben und jederzeit wird sie für ein in technologischer Beziehung wichtiges Präparat gelten.

Cellulose.

Die Rohmaterialien für die Papierfabrikation.

Hadern. — Wie bekannt bildet der in den leinenen und baumwollenen Lumpen oder Hadern enthaltene Faserstoff noch jetzt einen sehr wesentlichen Theil des Materials für die Papierfabrikation. Da sich indessen der Papierverbrauch*)

*) Ueber die Papierproduction des deutschen Reiches und die Zahl der im deutschen Reiche vorhandenen Papierfabriken liegen ver-

in den letzten Jahren außerordentlich steigerte, während die Lumpenproduction mit der Papierproduction keineswegs gleichen Schritt hielt, so stiegen die Lumpen nicht nur enorm im Preise, sondern verloren auch wesentlich an Qualität, da sich die besseren Sorten derselben nach und nach immer reichlicher mit geringeren Sorten vermischt fanden. Deutschland bezieht einen nicht unbeträchtlichen Theil seines Verbrauchs an Hadern aus Rußland, doch ist zu befürchten, daß sich auch diese Bezugsquelle mit der Zeit immer weniger ergiebig erweisen wird, da sich in diesem Lande die Papierindustrie mehr und mehr entwickelt. Unsicherheit des Bezuges des Rohmaterials, Schwankungen in der Qualität und im Preise desselben sind Momente, die auf jede Fabrikation sehr nachtheilig influiren müssen. Zieht man dazu in Betracht, daß die Verarbeitung der Lumpen und Hadern mit mancherlei Uebelständen verknüpft ist, theils wegen des bedeutenden Raumes, welchen das Aufbewahren, Sortiren,

---

schiedene, von einander sehr abweichende Angaben vor. Im amtlichen Katalog der Ausstellung des deutschen Reichs in Wien 1873 ist (Seite 406) gesagt: „Die erste Papiermaschine errichtete im Jahre 1819 die preußige Seehandlung in Berlin; jetzt sind deren in Deutschland gegen 350 im Gange. Dieselben liefern 3,500000 Centner Papier, welche einen Werth von 50 Millionen Thaler repräsentiren, und deren Fabrikation 35,000 Arbeiter beschäftigt.“ Im amtlichen Bericht über die Wiener Ausstellung Bd. I, S. 758 sagt Weber: „Während nach Viebahns Statistik des zollvereinten Deutschlands 1858/68 Bd. 3, S. 1015 vor dem Jahre 1868 die Anzahl der mit Papiermaschinen versehenen Papierfabriken innerhalb des Zollverbandes, also innerhalb des größten Theiles des deutschen Reichs, 242 betrug und die Jahresproduction derselben sich auf 1603500 Centner bezifferte, beträgt nach der dem Jahrbuche für Papierindustrie von Dr. Rudel in Dresden (1873) entlehnten Zusammenstellung die Zahl dieser Fabriken im deutschen Reiche gegenwärtig 423 und es beläuft sich die Jahresproduction nunmehr auf 3600000 Centner Waare.“ Endlich bringt die soeben (1875) erschienene vierte Auflage des „Adreßbuches der Maschinenpapierfabriken und der Holzstoff-, Strohstoff- und Cellulosefabriken des deutschen Reichs, Oesterreich-Ungarns und der Schweiz“ von Günther-Staib (Bibrach, Dorn'sche Buchhandlung) statistische Notizen, zufolge deren gegenwärtig im deutschen Reiche 483 Papierfabriken mit über 600 Papiermaschinen und überdies 236 Holzstoff-, 46 Strohstoff- und 14 Cellulosefabriken existiren. Eine vollständigere Wiedergabe der statistischen Mittheilungen von Günther-Staib findet sich in der Industriezeitung 1856, S. 366.

Reinigen, Schneiden der Lumpen in Anspruch nimmt, theils wegen der Insalubrität, welche allen diesen Operationen anhaftet: so begreift man, daß die Papierfabrikanten eifrig bemüht waren, ein geeignetes Surrogat für ihr vielerlei Unannehmlichkeiten bietendes Rohmaterial ausfindig zu machen. Solche Surrogate sind verschiedene in Anwendung gekommen. Für uns sind die wichtigsten das Holz und das Stroh.

Strohstoff. — Die Verwendung von Stroh und Holz in der Papierfabrikation ist nicht neu; doch hat man in der Verwendung derselben in letzter Zeit mancherlei Fortschritte gemacht, man hat die zur Verarbeitung dienenden Apparate vervollkommnet, deren Leistungsfähigkeit in Betreff der Quantität und Qualität erhöht, man hat die Abfallproducte besser zu verwerthen gelernt u. s. w. Eine der hauptsächlichen Schwierigkeiten, welche man bei der Verwendung von Stroh und Holz zur Papierfabrikation zu überwinden hat, beruht in dem Umstande, daß die in diesen Materialien enthaltene Holzfaser oder Cellulose, von einer eigenthümlichen Substanz, der sogenannten incrustirenden Materie, sehr innig durchdrungen und übrigens mit harzartigen, resp. wachsähnlichen Körpern, färbenden Substanzen und einer Summe von theilweise nur in geringer Menge vorhandenen Verbindungen vermischt ist, die zum Theil nicht näher untersucht sind, und die gewöhnlich unter dem Namen Extractivstoffe zusammgefaßt werden. Von diesen sie begleitenden Substanzen muß die Holzfaser zunächst befreit werden. Ueberdies ist das Stroh noch besonders reich an Kieselsäure, die ebenfalls entfernt werden muß. So lange die Abscheidung dieser Stoffe nur unvollkommen gelang, erschien das Material nur als ein geringwerthiges Surrogat für den Hadernstoff, konnte dem letzteren nur in geringer Menge zugesetzt, und nur zur Herstellung ordinärer Papiersorten verwendet werden.

Um zunächst aus Stroh eine zur Papierfabrikation gut verwendbare Faser abzuscheiden, behandelt man dasselbe in geschlossenen Gefäßen, unter Druck, bei hoher Temperatur mit alkalischer Aetzlauge. Je höher der Druck und je höher die Temperatur, um so schwächer darf die alkalische Lauge sein. Letztere löst unter den genannten Umständen jene, die Holzfaser begleitenden Substanzen auf. Die Halme verlieren wäh-

rend dieser Behandlung ihre Sprödigkeit, erscheinen biegsam und lassen sich nachdem sie einem Waschprozesse unterworfen wurden, leicht zu feinen Fasern zertheilen, die nur noch der Bleichung bedürfen, um als fertiger „Strohstoff“ zur Papierbereitung tauglich zu erscheinen. Die zur Behandlung des Strohs verwendeten Laugen darf man nicht preisgeben; sie werden behufs der Wiedergewinnung des Alkalis eingedampft. Auch bei dieser sogenannten Regenerirung des Alkalis, ohne welche die Verwendung des Strohstoffs nicht rentabel erscheint, ist man auf vielfache Hindernisse gestoßen und die Verminderung des hierbei immer statthabenden Verlustes an Alkali bildet noch heute eine der schwierigsten Aufgaben. Es ist selbstverständlich, daß das Verfahren der Strohstoffbereitung manigfache Phasen der Entwicklung durch zu machen hatte, ehe es den heutigen Grad der Vollkommenheit erlangte. Rudolf Weber giebt in dem amtlichen Berichte der deutschen Centralcomission über die Wiener Ausstellung (Bd. I S. 762) ein anschauliches Bild von der Entwicklung dieses Industriezweiges. Wir glauben uns jedoch darauf beschränken zu müssen, jener Quelle die Beschreibung eines Verfahrens zu entlehnen, welches sich einerseits durch Einfachheit der verwendeten Apparate andrerseits dadurch auszeichnet, daß die vor sich gehenden Prozesse regelmäßig ineinander greifen, und der Verbrauch an Alkali ein verhältnißmäßig geringer ist. Es ist dies das Verfahren von Hector J. Lahousse in Prag. Weber beschreibt dasselbe wie folgt:

Das durch eine Reinigungsmaschine von Unkraut und dergl. befreite und zu Häcksel zerschnittene Stroh wird in einem kugelförmigen, rotirenden, dem Lumpenkocher ähnlichen Apparate mit starker Natronlauge imbibirt. Nachdem der Ueberschuß der Lauge in ein Reservoir abgelassen worden, wird das so behandelte Stroh in einem cylindrischen, rotirenden Behälter mittelst Dampf von circa 4 Atmosphären Spannung ausgekocht, welcher durch ein innerhalb des Kessels befindliches, verzweigtes Rohrsystem eintritt und das mit der Lauge imbibirte Stroh durchdringt. Der kugelförmige Auslaugapparat ist oberhalb des cylindrischen Kochers angeordnet, so daß die Ueberführung des Materials in dem letzteren sehr bequem von Statten geht. Wenn der, eine Zeitdauer von 4 bis 6

Stunden in Anspruch nehmende Kochprozeß beendet ist, wird die Lauge abgelassen und die Masse dann im Kochapparate selbst wiederholt mit heißem Wasser gewaschen. Darauf wird sie in einem Holländer zerkleinert, warm gebleicht und behufs der Zertheilung der noch cohärenten Faserpartien und besonders der Knoten auf einen Raffineur gebracht. Die Raffineure sind den gewöhnlichen Mahlmühlen ähnliche Vorrichtungen und bestehen aus einem festliegenden und einem rotirenden Mühlsteine. Der aus diesem hervorgehende Strohstoff ist zur Verwendung in der Papierfabrikation fertig. Zur Erzeugung von 100 Kilogr. gebleichter, lufttrockner Strohmasse sind erforderlich:

200 Kilog.	Stroh im Werthe von . .	8 M
26 „	kaustische Soda	12 M
10 „	Chlorkalk	4 M
		24 M

Arbeitslöhne, Betriebskosten und Patentgebühr sollen pro 100 Kilo 7 bis 8 Mark betragen. Lahousse hat bereits über 40 Strohstofffabriken nach seinem System eingerichtet und mit den in der bekannten Maschinenbauanstalt von Geb. Sachsenburg in Roßlau a. d. E. angefertigten Apparaten versehen. Von allen Seiten vernimmt man nur günstig lautende Urtheile über die Ergebnisse des Lahousse'schen Verfahrens.

Viele Papierfabriken stellen sich ihren Bedarf an Strohstoff selbst dar, und dies gewährt den Vortheil, daß man denselben frisch bereitet und naß zur Darstellung von Papier verwenden kann. In diesem Zustande läßt sich der Strohstoff leicht wieder in Wasser vertheilen, und bequem mit anderem Material, z. B. Hadernstoff mischen. Doch giebt es auch Fabriken, welche die Strohstofffabrikation als selbstständigen Industriezweig betreiben, ohne sich mit der Papierfabrikation zu befassen. Solche Fabriken bringen den Strohstoff theilweise im lufttrocknen Zustande, in Form dicker Pappen in den Handel. Da indessen das Wiederaufweichen und Zertheilen dieser Pappen in Wasser oft Unbequemlichkeiten verursacht, so bringt man den Holzstoff vielfach naß in den Handel; freilich veranlaßt dann die Verpackung mehr Schwierigkeiten und der Versand mehr Kosten. Der Strohstoff hat manche Aehnlichkeit mit dem aus Flachs gewonnenen Papierstoff. Er

ist wie dieser sehr durchscheinend und eignet sich daher zur Herstellung von Copirpapier, doch ist das Strohpapier viel weniger haltbar als das aus Flachs bereitete. Die Faser des Strohstoffs ist kürzer, dünner und glätter als die Leinenfaser. Die ausschließlich aus Strohstoff bereiteten Papiere sind zwar ziemlich fest, dabei steif, hart, klingend und dicht, man kann auf ihnen, selbst ohne daß sie geleimt sind, ziemlich gut schreiben, in jedem Falle bedürfen sie beim Leimen eines geringeren Leimzusatzes, aber beim Zusammenfalten brechen sie leicht, und an gerissenen Rändern erscheinen sie weniger fasrig als das Lumpenpapier. Durch Zusatz einer Quantität Hadernzeug gewinnt das Papier wesentlich an Haltbarkeit, so daß es namentlich das Brechen besser verträgt, daher wird der Strohstoff in der Regel zugleich mit Hadernstoff und der nachher zu besprechenden Holzcellulose verarbeitet, und kann auf diese Weise verwendet, zur Herstellung sehr guter Papierqualitäten dienen.

Holzstoff. — Im vorigen Bande dieses Jahrbuches (S. 341) wurde bereits angedeutet, daß man die Faser des Holzes in zweifacher Weise für die Papierfabrikation nutzbar gemacht hat. Das Holz wird nämlich entweder durch einen rein mechanischen Prozeß mittelst eines Schleifsteines in eine zur Papierfabrikation verwendbare Masse, den sogenannten „Holzstoff“ verwandelt, oder es wird ähnlich wie das Stroh der Einwirkung chemischer Agentien unterworfen, und dadurch mehr oder minder reiner, faseriger Zellstoff, die sogenannte „Holzcellulose“ gewonnen. Die Fabrikation des Holzstoffs hat sich bereits zu einem sehr ausgedehnten Industriezweig emporgeschwungen, während sich die Fabrikation der Holzcellulose noch mehr in dem Stadium der Entwicklung befindet. Die letztere hat selbst diejenige Verbreitung noch nicht gefunden, welche der Strohstofffabrikation bereits zu Theil geworden ist, und das hat darin seinen Grund, daß die incrustirenden Substanzen, welche im Holz neben der Cellulose auftreten, schwerer von diesem zu trennen sind als die Stoffe, welche die Cellulose im Stroh begleiten. Rud. Weber giebt a. a. O. in engem Rahmen ein sehr übersichtliches Bild sowohl der Holzstoff- wie der Cellulosefabrikation und möge dasselbe in seinen Hauptzügen hier wieder gegeben sein.

Wie aus den Mittheilungen Weber's hervorzugehen scheint,

war der Pastor Schäffer in Regensburg der erste, welcher auf die Verwendbarkeit des Holzes in der Papierfabrikation aufmerksam machte. Dieser sah sich nämlich durch die Beobachtung Réaumur's, zufolge deren die feinen Zellen der Wespennester aus Holzfasern bestehen, die durch ein Bindemittel vereinigt sind, zu Versuchen veranlaßt, das Holz zur Bereitung von Papier zu verwenden. Gelungene Proben der von ihm aus Buchen-, Weiden-, Espenholz gefertigten Papiere finden sich in einem schon im Jahre 1765 von ihm herausgegebenen Werke*), das für die Geschichte der Papierindustrie nicht ohne Interesse ist. Daß die wichtigen Entdeckungen Schäffer's erst nach langer Zeit eine practische Bedeutung erhielten, hat wohl nur darin seinen Grund, daß damals ein erheblicher Mangel an Rohstoff für die Papierfabrikation noch nicht fühlbar geworden war. Im Jahre 1838 ließen sich Richardson, Davidson und Glande in Frankreich ein Verfahren zur Herstellung von Papierstoff aus Holz patentiren, welches darin bestand, daß Holz mit einer fraiseartigen Vorrichtung zerkleinert und dann durch Mühlwerke geführt wurde. Keller bediente sich zuerst des rotirenden Steines, um das Holz sogleich, ohne vorhergehendes Fraisen, zu zerfasern. Zu einer wirklichen industriellen Bedeutung gelangte indessen das Verfahren erst durch H. Völter in Heidenheim, welcher durch Einführung höchst zweckmäßig construirter Zerfaserungs- und Sortirungsapparate die Production des Holzstoffs in großem Maßstabe und die Erzeugung einer gleichförmigen Waare ermöglichte. In neuerer Zeit hat sich auch die Firma Th. & Fr. Bell in Kriens bei Luzern durch Vervollkommnung der Apparate um den in Rede stehenden Industriezweig verdient gemacht.

Die wesentlichsten Theile des gesammten, bei der Holzstofffabrikation in Anwendung kommenden Apparates sind: der Zerfaserungs- oder Schleifapparat (Defibreur), der Vorsortirer, der Raffineur, der Feinsortirer und die Entwässerungsvorrichtung. Alle Vervollkommnungen, welche man diesen Apparaten selbst in neuester Zeit noch zu Theil werden ließ, zielen darauf

*) Schäffer, Versuche, ohne Lumpen Papier zu machen, Regensburg. 1765. —

hin, mit dem geringsten Aufwand an Kraft ein möglichst großes Quantum an geschliffenem Holzstoff zu beschaffen und dabei die möglichste Feinheit und Gleichartigkeit der nicht allzu kurzen Faser zu erreichen.

Der Schleifapparat, welcher vor Allem eine feste und solide Aufstellung erfordert, besteht im Wesentlichen aus einem feinkörnigen, rasch rotirenden Schleifstein (Sandstein) von circa 1,5 Meter Durchmesser und 0,5 Meter Dicke. Bei dem ursprünglichen Völter'schen System liegt die Achse desselben horizontal, der Bell'sche Apparat ist mit einem horizontalliegenden, um seine verticale Achse rotirenden Stein versehen. In der Peripherie des Steines befinden sich die zur Aufnahme der zu schleifenden Holzblöcke dienenden Kästen (Bremskammern); letztere müssen möglichst nahe an den Schleifstein herangebracht werden können; durch Hebel, an welche über Rollen gehende und mit Gewichten versehene Ketten eingreifen, werden die zu schleifenden Klötze an den Schleifstein angepreßt. Der liegende Stein Bell's gestattet, die Bremskammern gleichmäßiger um die Peripherie des Steines zu vertheilen, wodurch dieser einem gleichmäßigeren Druck ausgesetzt, und Kraft gespart wird. In jeder Kammer befindet sich ein Spritzrohr, durch welches Wasser unter starkem Druck und in reichlicher Menge gegen die Schleiffläche gespritzt wird, so daß der Stoff rasch von dem Stein losgespült wird, und dieser angriffsfähig bleibt. Eine sehr zweckmäßige Vervollkommnung des Apparates ist die von Th. & Fr. Bell angebrachte zum Schärfen des Steines dienende Vorrichtung, welche ohne Zerlegung des Defibreurs in Thätigkeit gesetzt werden kann. Dieselbe besteht aus einer schnell rotirenden, an einer mit der Achse des Steines parallelen Schraubenspindel angebrachten Fraise, welche längs der Mahlfläche des Steines auf und ab bewegt werden kann.

Das von dem Defibreur abfließende Wasser führt das geschliffene Holz zunächst auf den Vorsortirer, auf welchem die gröberen Splitter von der feinen Masse abgeschieden werden. Als solcher hat sich ein flaches Drahtsieb von angemessener, großer Oberfläche am besten bewährt; Cylindersiebe, die ebenfalls in Anwendung gebracht wurden, sind schwerer zu reinigen und sind überdies theurer.

Der Raffineur hat den Zweck, die gröbern Fasern noch

feiner zu zertheilen; als solcher dient ein Mahlgang mit Läufersteinen von etwa 1,2 Meter Durchmesser. Die Abflußröhre an demselben muß möglichst dicht mit dem Feinsortirapparate verbunden werden, welcher aus mehreren mit Drahtgeweben von verschiedener Feinheit überspannten, rotirenden Cylindern besteht.

Ueber die Sortircylinder und die in neuester Zeit an ihnen vorgenommenen Verbesserungen giebt Emil Twerdy*) ausführliche Auskunft. Bei der am häufigsten vorkommenden Disposition liegen dieselben in stufenweise aufgestellten hölzernen Kästen; der erste hat die weitesten, der letzte die engsten Maschen. Der Holzstoff fließt an der hintern Längswand eines jeden Kastens in denselben ein, der feinere Theil des Stoffs passirt das Gewebe, tritt also in den innern Raum des Cylinders ein und fließt durch den offenen Seitenkranz desselben ab, um in den nächsten Kasten zu gelangen, während der gröbere, also nicht durch das Gewebe gehende Theil sich unterhalb des rotirenden Cylinders in den Vorderraum des Kastens drängt, von der aufsteigenden Cylinderfläche durch Reibung in dünner Schicht aufgenommen, durch mit Filz umwickelte Walzen abgenommen und, wesentlich entwässert, durch einen Schaber in einem separaten Vorkasten abgelegt wird. Der Vortheil dieser Anordnung besteht nach Twerdy darin, daß der Stoff unter geringem hydrostatischen Drucke durch das Sieb gedrückt wird, nachtheilig ist hingegen der Umstand, daß der in dem Cylinder eingetretene, durch denselben abfließende Theil des Stoffes immer noch Gelegenheit findet, in den Kasten zurückzutreten, und sich dem zurückgebliebenen gröberen Theile wieder beizumischen, und daß der gröbere Stoff eine, die Vorderseite des Cylinders eng umschließende Wand bildet, welche große Reibung verursacht und behufs der Weiterbeförderung vom Cylinder gehoben werden muß. Die zur Stoffabnahme dienenden Filzwalzen haben das Unangenehme, Stofffasern in die Gewebemaschen einzuzwängen, welche dadurch verstopft werden und den freien Durchgang der feinen Fasern hindern. Diese Uebelstände sind bei der von Th. & Fr. Bell in Kriens construirten Sotiranlage

*) Oesterreichischer officieller Ausstellungsbericht. Heft 38, S. 5.

welche in Wien ausgestellt war, durch eine sehr sinnreiche Construction beseitigt. Bezüglich der ausführlichen Beschreibung derselben muß hier auf den Twerdy'schen Bericht verwiesen werden, doch sei erwähnt, daß ein wesentlicher Vortheil derselben in Folgendem besteht: der Stoff wird dem ersten Cylinder durch eine oberhalb seines Scheitels angebrachte Rinne zugeführt, und der durch das Gewebe hindurchdringende Stoff wird von einer innerhalb des Cylinders liegenden Blechrinne aufgefangen und zum Abfluß gebracht, so daß ein Zurücktreten desselben in den Kasten unmöglich gemacht wird. Damit Raum für die Rinne gewonnen werde, ist jeder Cylinder nur mit zwei gußeisernen Endkränzen versehen, die mit ihren abgedrehten Peripherien auf Leitrollen gelagert sind. Der durch die Rinne abgeleitete Stoff ergießt sich über die Scheitel der nächstfolgenden, tieferliegenden Cylinder. Durch eine gute Anlage und zweckdienliche Manipulation, sowie durch wiederholtes Raffiniren läßt sich die Ausbeute an sogenanntem Prima-Holzstoff wesentlich vermehren und kann die Menge der entstehenden Secundawaare nach Twerdy auf 5 bis 7 Procent vermindert werden. Dies ist von großer Wichtigkeit, da Prima-Holzstoff, d. h. derjenige, dessen Vorkommen im Papier mit bloßem Auge nicht mehr zu erkennen ist, ungleich höhern Werth hat, als der Secunda-Holzstoff, welcher, selbst in geringer Menge angewendet, die Papiere rauh und brüchig macht, und daher nur zu ordinären Papieren und Pappen Verwendung finden kann.

Um den von dem Sortirapparat kommenden Holzstoff zu entwässern, bringt man ihn meist auf die sogenannten Stoffpressen, in welchen der Stoff bis auf 50 bis 60 Procent von Wasser befreit wird; Th. & Fr. Bell bedienen sich als Stoffpresse einer sehr einfachen Papiermaschine, durch welche der Holzstoff zugleich in Pappenform gebracht wird; nur wenn der Stoff auf größere Entfernungen versendet werden soll, wird er von der Stoffpresse noch über einen Trockenapparat geführt.

Die am besten sich qualificirenden Holzarten sind: Fichte, Tanne, Espe und Linde. Die beiden ersten liefern einen sich gut verfilzenden, die letzteren einen sehr weißen Holzstoff. Das Schleifen der ersteren erfordert einen größeren Kraftaufwand; nicht selten mischt man Fichten- und Espenholz in der Art, daß man nach je 3, 4 oder 5 Fichtenholzklötzen einen

Espenholzklotz in den Schleifapparat einlegt. Junges Holz eignet sich besser als altes. Die Stämme werden entrindet und mittelst einer Kreissäge in Klötze geschnitten, deren Länge der Breite des Schleifsteins entspricht; nachdem man noch die Astknoten mittelst einer Art Bohrer entfernt hat, sind die Klötze zum Einlegen in den Schleifapparat fertig. Je nach der Qualität erhält man 1/2 bis 2/3 vom Gewichte des verwendeten Holzes an geschliffenen Stoff. Die besseren Qualitäten des Holzstoffs werden als Zusatz zum Hadernstoff selbst bei der Bereitung feiner Schreibpapiere verwendet, doch finden sie ihre hauptsächlichste Verwendung bei der Fabrikation der mittelfeinen Schreib- und Druckpapiere, die oft bis 50 Procent Holzstoff enthalten; zu ordinären Tapeten- und Cartonpapieren verwendet man ihn oft noch in wesentlich größerer Menge und Pappen kann man aus bloßem Holzstoff ohne Zusatz jedes anderen Materials herstellen.

Nach Völter's Angaben betragen die Productionskosten für 1 Centner Holzstoff 6 bis 7 1/2 Mark, derselbe ist sonach unter allen bisher in Anwendung gebrachten Lumpensurrogaten das billigste. Dieser Umstand macht den Holzstoff, obgleich er im Wesentlichen nur für die mittelfeinen und ordinären Papiere verwendet wird, zu einem äußerst wichtigen Product; er gestattet eben die Erzeugung billigerer Papiere, und hierdurch erklärt sich die enorme Ausdehnung, welche die Production desselben in kurzer Zeit erreicht hat. Zwar liegen über letztere genaue Zahlenangaben nicht vor; daß sie indessen eine bedeutende ist, geht einfach aus den Thatsachen hervor, daß allein die Firma Th. & Fr. Bell in Kriens bis Ende des Jahres 1872 78 Schleifapparate und H. Völter und J. M. Voith in Heidenheim nicht weniger als 360 dergleichen, nämlich 210 für Europa und 150 für Nordamerika, geliefert haben. Die 210 in Europa arbeitenden Völter'schen Maschinen vermögen jährlich etwa 1 Million Centner Holzstoff zu erzeugen, (welche circa 1 2/3 Millionen Centner Hadern ersetzen) und die Gesammtproduction der sämmtlichen, von anderen Constructeuren herrührenden, in Europa functionirenden Maschinen dürfte nach Gustav Herrmann*) etwa gleich hoch zu veranschlagen sein.

*) Amtlicher Bericht üb. d. Wiener Weltausstellg. B. 2, S. 220.

Nach Günter-Staib*) beträgt die Zahl der gegenwärtig (1875) in Deutschland vorhandenen Holzstofffabriken 236.

Holzcellulose. Da der Holzstoff immerhin nur zur Herstellung der ordinären und mittelfeinen Papiere, und selbst hier nur in beschränktem Maaße, dienen kann, so war es wünschenswerth, aus dem Holze in ähnlicher Weise, wie aus dem Stroh eine reinere Cellulose abzuscheiden, welche den Haderstoff auch bei der Fabrikation der feineren Papiere und womöglich in unbeschränktem Maaße zu ersetzen vermag. Das Holz ist reicher an Cellulose als das Stroh, dabei billiger und transportfähiger als dieses und muß insofern als geeigneter für die Cellulosefabrikation erscheinen, aber, wie schon oben (S. 392) erörtert wurde, die Faser des Holzes läßt sich von dem sie incrustirenden Stoffen nur weit schwerer trennen, als die Faser des Strohes von den sie begleitenden Verbindungen, theils weil das Holz weit dichter ist, theils weil die in ihm enthaltene incrustirende Materie von Lösungsmitteln schwerer aufgenommen wird.

In der That begegnete man bei den Versuchen, die Cellulose aus Holz zu isoliren, außerordentlichen Schwierigkeiten, indessen dieselben sind zum größten Theil überwunden, nach Günther-Staib (a. a. O.) existiren allein in Deutschland schon 14 Cellulosefabriken, und muß daher die Fabrikation der Holzcellulose gegenwärtig bereits als ein bedeutungsvoller Industriezweig betrachtet werden. Denselben in seiner ganzen Entwicklung zu verfolgen, würde eine sehr umfängliche Darlegung erfordern. Daher mögen nur die Engländer Houghton und Lee als diejenigen bezeichnet sein, welche durch Einführung verbesserter Apparate wesentlich dazu beitrugen, daß die Fabrikation der Holzcellulose auf den Standpunkt gelangte, auf welchen sie sich heute befindet. Nach dem combinirten System der beiden Engländer sind in Schweden bereits sechs Fabriken in Betrieb gesetzt worden und scheint dasselbe auch in Deutschland mehr und mehr Eingang zu finden.

---

*) Günther-Staib, Adreßbuch der Maschinenpapierfabriken und der Holzstoff- Strohstoff- und der Cellulosefabriken des deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns und der Schweiz — Bibrach. 1875. — u. Deutsche Industriezeitung 1875, S. 366.

In jedem Falle erfordert die Fabrikation von Holzcellulose, daß das Holz zuerst durch entsprechend leistungsfähige Vorrichtungen in Stücke von möglichst gleichmäßigen Dimensionen, welche eine gewisse Größe nicht überschreiten dürfen, zertheilt, und darauf bei einer Temperatur, die einem Dampfdrucke von 10 bis 12 Atmosphären entspricht, mit starker kaustischer Natronlauge behandelt wird. Auf möglichst vollständige Wiedergewinnung des in der Lauge enthaltenen Natrons ist hier ebenso, wie bei der Strohstofffabrikation, Bedacht zu nehmen. Die benutzten Apparate müssen einen regelmäßigen, gut in einander greifenden Betrieb zulassen. Die Art und Weise, in welcher das combinirte System von Houghton und Lee diesen Anforderungen zu genügen sucht, ist von Weber (a. a. O. S. 778) beschrieben worden wie folgt:

Das von der Borke befreite Holz wird vermittelst einer von Lee*) construirten Schneidemaschine in Stückchen von etwa 2 Cm. Länge, 1 Cm. Breite und 5 bis 8 Cm. Dicke zerkleinert. Dieselbe enthält als hauptsächlichsten Theil eine um eine horizontale Welle rotirende, sehr gewichtige Metallscheibe, welche mit zwei Schlagmessern versehen ist und durch eine Dampfmaschine direct in Betrieb gesetzt wird. Gegen die Scheibe wird der Baumstamm mit der Hirnfläche angedrückt und bei jeder Umdrehung derselben werden Holzscheiben von dem Durchmesser des vorgelegten Baumes abgeschnitten. Dieselben fallen direct zwischen cannelirte Walzen, welche sie in Stäbchen von nahezu gleichen Dimensionen zertheilen. Das zerschnittene Holz fällt aus der Schneidemaschine in Cylinder aus gelochten Blechen, welche nach geschehener vollständiger Füllung auf eisernen Wagen in horizontale, den Dampfkesseln ähnliche Kochkessel gefahren werden und während des Kochprozesses in denselben verbleiben. Nachdem so viele solcher Cylinder, als der Kochkessel fassen kann, eingefahren worden sind, wird der vordere Mannlochdeckel verschraubt und concentrirte Natronlauge in den Kessel gepumpt. Derselbe wird dann durch eine directe, an zwei Stellen wirkende Feuerung erhitzt.

Wenn nach etwa 3 Stunden die Temperatur eine der

*) Polytechn. Centralbl. 1872. S. 710.

Dampfspannung von 12 bis 13 Atmosphären Ueberdruck entsprechende Höhe erreicht hat, so ist der Kochproceß beendet. Alsdann wird die Flüssigkeit abgelassen und kaltes Wasser eingeführt. Die mit dem gekochten Holzstoffe gefüllten Cylinder werden ausgefahren und in ein mit einem horizontalen Rührwerke versehenes Blechgefäß entleert. Nachdem der Stoff hier gehörig zerrührt worden, gelangt er in einen Lespermont'schen Waschapparat und kommt dann auf eine Pappmaschine, welche ihn in ein Band ohne Ende verwandelt. Dieses wird schließlich in Abschnitte von geeigneten Dimensionen zertheilt.

Der eben erwähnte, zum Auswaschen der noch mit alkalischer Lauge behafteten Cellulose dienende Lespermont'sche Waschapparat war in Zeichnung und Modell in Wien ausgestellt und ist von Gustav Herrmann*) ausführlich beschrieben worden. Die Absicht des Erfinders ist die, jenes Auswaschen der Masse möglichst vollständig mit einer möglichst kleinen Menge Waschwasser zu bewirken, damit das auf solche Weise erhaltene Waschwasser eine hohe Concentration erlangt, und also zur Wiedergewinnung des darin enthaltenen Natrons nur eine kleine Wassermenge verdampft werden muß. Der Apparat besteht aus 13 conischen, mit Drahtsieb überzogenen, in Kästen eintauchenden Trommeln, durch welche Cellulose und Waschwasser in entgegengesetzter Richtung passiren.

Die aus den Kochkesseln abgelassene Lauge fließt in ein großes, durch abziehende Feuergase erhitztes Blechgefäß und gelangt von dort auf den Herd eines circa 20 M. langen Flammenofens, woselbst sie bis zur Consistenz von Pech (durch überschlagendes Feuer) eingedickt wird. Die noch heiße Masse wird sodann herausgenommen und auf einem, einer Schmiedeesse ähnlichen Herde calcinirt, wobei die aufgenommenen, organischen Substanzen zerstört werden und wieder kohlensaures Natron entsteht. Circa 70 Proc. des angewendeten Alkalis werden in Form von Soda wiedergewonnen. Die regenerirte Soda wird dann mit Kalk in bekannter Weise causticirt.

Das wöchentliche Productionsquantum einer Fabrik, wie sie beschrieben, beträgt bei 24 stündiger Arbeitszeit circa 400 Ctr. ungebleichten Holzstoff. Zu dieser Production sind in Funktion:

---

*) Amtl. Bericht üb. d. Wiener Weltausstellg. Bd. 2, S. 217.

1 Holzschneidemaschine, 2 Kochkessel nebst den dazu gehörigen Apparaten und die erwähnten Rühr-, Trocken- und Calcinirvorrichtungen. Der Betrieb erfordert 40 Arbeiter bei einer Betriebsmaschine von 40 bis 50 Pferdekräften. 100 Theile lufttrocknes Holz liefern 30 bis 35 Theile ungebleichten, trocknen Stoff, dessen Productionskosten pro Ctr., je nach den Rohmaterialpreisen 15 bis 18 M. betragen.

Zum Bleichen von 100 Kg. trocknen Stoffes sind 25 Kg. Chlorkalk im Werthe von 4,5 M. erforderlich. Für ungebleichten Holzstoff zahlen die Papierfabriken zur Zeit 24 bis 25,5 M.; für gebleichten dagegen 30 M.

Eine Wochenproduction von weniger als 400 Ctr. ist deshalb nicht vortheilhaft, weil bei einem kleineren Betriebe die Fabrikationskosten im Verhältniß zur producirten Waare größer ausfallen. Die Vorzüge des eben beschriebenen, combinirten Systems von Lee und Houghton sind folgende:

1) Die einen sehr wesentlichen Theil der Einrichtung bildende Holzschneidemaschine ist sehr leistungsfähig; sie zerkleinert in einer Stunde 30 Ctr. Holz in Stücke von geeigneter Größe.

2) Die Kochkessel zeichnen sich durch Einfachheit aus und bieten eine größere Sicherheit, als von anderer Seite empfohlene Vorrichtungen, die überdies complicirter sind.

3) Ebenso zeichnen sich die Vorrichtungen zur Wiedergewinnung der Soda aus den Kochlaugen durch Einfachheit und Leistungsfähigkeit aus.

Die bisher angestellten Versuche, den Holzstoff unter Beihülfe weniger stark erhitzter Laugen, also unter geringeren Dampfspannungen als 10 bis 13 Atmosphären zu produciren, haben entschieden keinen günstigen Erfolg gehabt.

Es hat sich vielmehr herausgestellt, daß gerade die hohe Temperatur die Auflösung der incrustirenden Beistoffe des Holzes sehr befördert, und soweit die bisherigen Erfahrungen reichen, ist der einem solchen Drucke entsprechende Wärmegrad für die beabsichtigte Reaction durchaus erforderlich. Mit großer Vorsicht sind deshalb die Anpreisungen von Verfahren aufzunehmen, deren angebliche Verbesserung in der Anwendung niedriger Dampfspannungen beruhen soll.

Rud. Weber theilt mit, daß er die Angaben über das

im Vorstehenden beschriebene Verfahren dem Civilingenieur C. M. Rosenhain in Berlin verdanke, welcher die Einrichtungen von Cellulosefabriken als Specialfach betreibt.

Die Holzcellulose, welche im ungebleichten Zustande aus flockigen Aggregaten sehr feiner, aber hellbraun gefärbter Cellulosefäden besteht, wird beim Bleichen mit Chlorkalk schneeweiß, besitzt Seidenglanz und kann sowohl für sich als auch mit Hadernzeug gemischt zu feinen Papieren verarbeitet werden. Das lediglich aus Cellulose gefertigte Papier ist nach Weber durchsichtiger als Hadernpapier und nimmt den Leim ebenso gut an, als letzteres. Man hat bis jetzt bei feinen Concept- und Druckpapieren die Cellulose bis zu 75 Proc., bei feinen Canzlei- und Briefpapieren bis zu 50 Proc. zugesetzt und dabei eine allen Anforderungen entsprechende Waare erhalten. Der Strohstoff, welcher wesentlich spröder und härter als Cellulose ist, giebt in Verbindung mit letzterer ein Fabrikat von einer solchen Festigkeit, wie es sich kaum bei Anwendung von Lumpenstoff erzielen läßt.

Außer Holz und Stroh sind noch sehr verschiedene Producte vegetabilischen Ursprungs als Rohmaterial für die Papierfabrikation in Vorschlag gebracht, und, wenngleich meist nur in beschränktem Maaße, auch wirklich verwendet worden. Vor Allem ist das Espartogras zu erwähnen, welches in den englischen Papierfabriken schon seit längerer Zeit in nicht unbeträchlicher Menge verarbeitet und zu dem Zwecke größten Theils aus Spanien, neuerdings auch aus Algier und Tunis bezogen wird. Die Wiener Ausstellung brachte Muster von aus Maulbeerbaumrinde, Brennnesseln und Kartoffelkraut gefertigten Papieren. Verschiedene schilfartige Gewächse, desgleichen Lohe haben ebenfalls zur Papierbereitung gedient.

Zum Schlusse dieser Mittheilungen möge noch auf die mannigfaltigen Verwendungen hingewiesen sein, welche das Papier in Japan und China erfährt. Die Wiener Ausstellung brachte dies durch die von jenen Ländern gelieferten Ausstellungsobjecte in vorzüglicher Weise zur Anschauung. Der amtliche Ausstellungsbericht theilt hierüber Folgendes mit:

„In China und Japan werden zur Fabrikation des Papiers nicht Hadern oder andere abgenutzte Stoffe, sondern nur frische Pflanzenfasserstoffe verwendet. Es dient hierzu nament-

lich das an Fasern so reiche Chinagras, sowie auch Rinden und Bastarten. Diese Papiere haben eine außergewöhnliche Zähigkeit; es verschlingen sich die langen, feinen Fasern der Papiermasse so fest, wie in einem gesponnenen Faden in einander, und es bildet in der That das chinesische Papier eine Art Zwischending zwischen dem Zeugstoff und unserem gewöhnlichen Papier. Dasselbe nimmt durch Behandlung mit Harzen und Lacken eine derartige Dichtigkeit und Festigkeit an, daß sich daraus sogar Geschirre, welche heiße Flüssigkeiten enthalten können, herstellen lassen.

„Von derartigen, die Kunstfertigkeit dieser Länder erweisenden Erzeugnissen waren ausgestellt:

„Weißes Papier in verschiedenen Stärken; gewöhnliches Schreib- und Druckpapier; bedrucktes, als Ersatz der Fensterscheiben dienendes Papier; äußerst dünnes Papier, zum Filtriren von Firniß bestimmt; sowie gefärbte und mannigfaltig decorirte Papierarten, aus denen Regen-, Sonnenschirme, Fächer u. s. w. angefertigt werden. Es lagen ferner mit Oel und Firniß getränkte Papiere vor, aus welchen Teppiche und Regenmäntel hergestellt werden, desgleichen auch mit Reliefmustern versehene, für Cartonnagearbeiten bestimmte Fabrikate. Große Bewunderung zogen ferner die aus Papier zusammengedrehten, mit Firniß getränkten Bindfäden von enormer Zähigkeit auf sich, desgleichen auch die zur Anfertigung von Kleidern bestimmten Gewebe, deren Kette aus Seide, und deren Schuß aus fein gedrehten Papierfäden bestand. Von excellenter Arbeit und origineller Dekoration waren auch die aus Papiermasse gefertigten Taschen, Dosen und ähnliche Artikel, für die indessen ein auffallend hoher Preis gefordert wurde.“

Nekrolog

für das Jahr 1874.

Carl Christian Ludwig Adami, durch seine Globen bekannt, starb 23. Januar. Am 8. November 1802 in Berlin geboren, wurde A. 1827 Lehrer in Potsdam, welche Stelle er Anfang der fünfziger Jahre wegen Schwerhörigkeit aufgab. Während seiner Lehrerthätigkeit fing er an sich mit Anfertigung billiger Globen zu beschäftigen, die bald so gesucht wurden, daß er eine Fabrik gründen mußte, die in den fünfziger Jahren in den Besitz von Dietrich Reimer überging, während A. die technische Leitung behielt.

Thomas Anderson, geboren 2. Juni 1819 in Leith, nach Absolvirung seiner Studien an der Universität Edinburg eine Zeit lang Schüler von Berzelius in Stockholm und Liebig in Gießen, von 1852 bis Juli vorigen Jahres Professor der Chemie an der Universität Glasgow, welcher Thätigkeit durch wiederholte Schlaganfälle ein Ziel gesetzt wurde, starb 2. November in Chiswick. Anderson hat sich besonders durch seine Arbeiten über die aus dem Opium und Kohlentheer zu gewinnenden Basen bekannt gemacht.

Francis Edmund Anstie, Doctor der Medicin und Arzt von Westminster-Hospital, wo er zugleich Vorlesungen über Medicin hielt, starb an den Folgen einer bei Gelegenheit einer Section erhaltenen Wunde 12. September im 41sten Altersjahr Nach Vollendung seiner Studien auf Kings College, promovirte A. 1858 in London und beschäftigte sich seitdem vielfach mit therapeutischen und pathologischen Fragen; im Jahre 1864 erschien sein Werk „Stimulants and Narcotics“, später machte er sich durch seine Schrift über Neuralgie einen Namen. Im Verein mit Burdon-Sanderson führte er den Marey'schen Sphygmographen in England ein.

Anders Jonas Angström, berühmter Physiker, starb 21. Juni in Upsala. Geboren 13. August 1814 auf dem Lögdo-Eisenwerk, Medelpad, als Sohn eines Pfarrers, studirte A. seit 1833 in Upsala, promovirte 1839, wurde in demselben Jahre Assistent für Physik und und 1843 für Astronomie und erhielt 1858 die Professur der Physik. A.'s Hauptarbeiten liegen auf dem Gebiete der Spectralanalyse und für diese erhielt er auch 1870 von der Londoner kgl. Gesellschaft die goldene Rumford-Medaille, welche Auszeichnung bis dahin noch keinem Schweden zu Theil geworden.

Abbate Don Pietro Armellini, in seiner Jugend Zögling der Pariser Pol technischen Schule und Schüler Arago's, Poissons und Gay-Lussacs, dann 30 Jahre hindurch Mitglied des Jesuitenordens und in Rom, Neapel, Turin als Lehrer der Physik, Philosophie und des Hebräischen thätig, starb 81jährig in Rom am 28. Nov. Nachdem sein Gesundheitszustand ihn zum Ausscheiden aus dem Orden genöthigt hatte, beschäftigte er sich fast unausgesetzt mit dem Studium orientalischer Sprachen, wie der mathematischen Wissenschaften, gab auch eine populäre Zeitschrift zur Verbreitung technischer Erfindungen ꝛc. heraus.

Rev. John Bachmann, einer der ältesten amerikanischen Naturforscher, namentlich auf dem Gebiete der Zoologie verdient, starb in Charleston am 24. Februar.

Victor Baltard, bedeutender Architekt und Mitglied der Akademie, geboren 1805 in Paris starb daselbst 13. Januar.

Ferdinand Bayan, Assistent an der École des Mines in Paris und Verfasser verschiedener conchyliologischer Arbeiten, starb 24. September im Alter von 27 Jahren.

Jean Baptiste Armand Léonce Elie de Beaumont, berühmter französischer Geolog, geboren 25. September 1798 auf dem Schlosse Canon im französischen Departement Calvados, starb daselbst 23. September. Nachdem er die Pariser polytechnische Schule und die École des Mines besucht hatte, trat er in das Bergkorps, wurde 1827 Professor an letztgenannter Anstalt, 1832 zugleich am Collége de France, später Inspecteur général des Mines und Senator, 1835 Mitglied und 1853 beständiger Secretär der Akademie. In den Jahren 1835—48 gab er mit Dufrénoy die geologische Karte von Frankreich heraus, in weiteren Kreisen wurde aber sein Name bekannt durch einige von ihm vorgetragene geologische Ansichten, namentlich durch seine Lehren über das relative Alter der Gebirgsketten (Ann. des scienses nat. XVIII, 1829) und die Theorie des Pentagonal-Systemes der Gebirgsketten (Sur les Systèmes des Montagnes, 3 Bde. 1852).

Charles Tilstone Beke, geboren 10. October 1810 in London, durch seine Arbeiten über Geschichte und Geographie des Orientes, namentlich der Nilländer, sowie durch seine Reise nach Abessynien (1840—43) verdient, starb 31. Juli in London.

Bellanger, französischer Ingenieur, geboren 10. April 1790 in Valenciennes, bald nach Gründung der Pariser École centrale Professior der angewandten Mechanik an derselben, 1840 an der École des ponts et chaussées, später an der Polytechnischen Schule, starb 8. Mai. Seine Hauptwerke sind ein Cours de mécanique appliquée und ein Traité de géometrie analytique.

Bergsträßer, russischer Staatsrath, früher Director der Salzwerke in Astrachan, später Commissar für Hebung der Naphta-Industrie im Kaukasus, bekannt durch sein Project einer Canalverbindung des Caspisees und des Schwarzen Meeres durch die Kuma-Manitsch-Niederung, starb in Taman 19. April.

Edouard de Billy, verdienter französischer Bergwerksingenieur

und Geolog, geboren 26. Mai 1802 in Antwerpen, wo sein Vater als französischer General commandirte, verunglückte am 4. April in der Nähe von Périgny, 5 Kilom. von Dijon entfernt, auf der Eisenbahn.

Karl Ernst Bock, geboren 21. Febr. 1809 in Leipzig, seit 1839 außerordentlicher Professor der pathologischen Anatomie an der dortigen Universität, als Schriftsteller auf seinem Gebiete und in weiteren Kreisen namentlich durch seine populär-medicinischen Arbeiten bekannt, starb 19. Febr. in Wiesbaden.

Richard Brenner, ein Begleiter van der Decken's auf dessen letzter Expedition nach Ostafrika (1864 und 65), nachher selbstständig im östlichen Afrika als Forschungsreisender thätig, geboren 20. Juni 1833 in Merseburg, starb 22. März als österreichischer Consul in Zanzibar.

Hermann Joseph Burkart, Geh. Bergrath, ein um bergmännische Wissenschaft und Technik verdienter Mann, geboren 12. Mai 1798 in Bonn, starb daselbst 4. November. Nach erhaltener wissenschaftlicher und praktischer Vorbildung als Bergmann, trat er 1823 in preußischen Staatsdienst, ging dann 1825 nach Mexico, von wo er 1834 über die Vereinigten Staaten zurückkehrte, um 1837 wieder in preußische Dienste zu treten. Als selbstständiges Werk ist zu nennen „Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1825 bis 1834“ (2 Bde. Stuttg. 1836); ferner gab er 1838 mit Nöggerath eine bildliche Darstellung des Baues der Erdkruste in 5 Tafeln heraus, sowie 1839 eine Uebersetzung der „Phänomene der Geologie“ von Mantell. Viele Abhandlungen von ihm finden sich in wissenschaftlichen Zeitschriften zerstreut.

Rudolph W. von Carnall, Geh. Oberbergrath und früher Berghauptmann, starb 16. November in Breslau. C. wurde 9. Febr. 1809 in Glatz geboren, trat frühzeitig in den praktischen bergmännischen Dienst, studirte dann in Berlin und wurde hierauf beim Bergamte Tarnowitz angestellt. In diese Zeit fallen seine ersten literarischen Arbeiten in Karsten's Archiv. Seit 1839 Bergmeister, suchte er namentlich den Galmeibergbau zu heben; auch hielt er Vorträge an der Tarnowitzer Bergschule. Im J. 1844 wurde er Oberbergamts-Assessor und 1845 Oberbergrath in Bonn; 1847 Geheimer Bergrath und 1854 Geh Oberbergrath bei der bergmännischen Abtheilung im Handelsministerium in Berlin. Hier gründete er mit L. von Buch, den beiden Rose u. A. 1848 die deutsche geologische Gesellschaft, auch hielt er 1849—55 Vorträge über Bergbaukunde an der Universität, die ihm 1855 das Diplom als Ehrendoctor der Philosophie ertheilte; im Jahre 1853 gründete er auch die „Zeitsch. für das Berg-, Hütten und Salinenwesen im preuß. Staate“. Von 1855—61 wirkte er als Berghauptmann und Director des Oberbergamts in Breslau, gründete hier den schles. Verein für Berg- und Hüttenwesen und gab 1857 eine geognostische Karte von Oberschlesien heraus. Seine geschwächte Gesundheit nöthigte ihn 1861 in den Ruhestand zu treten.

Anton Castor, ein durch seine Wasser- und Brückenbauten

bekannter Ingenieur, auch bei der Wiener Donauregulirung betheiligt, starb 3. Februar 64 Jahr alt.

Johann Cavallerie, Astronom, starb in Monza 5. December.

Henry Langdon Childe, der Erfinder der Nebelbilder und Chromatropen, starb in Brixton im 93sten Altersjahre.

Domenico Cipoletti, Adjunct der Florentiner Sternwarte, starb daselbst in noch jugendlichem Alter im Mai.

George Robert Crotch, bedeutender Entomolog, bis 1872 Unterbibliothekar an der Universität Cambridge, nachher auf einer entomologischen Forschungsreise nach Amerika und Australien begriffen, auf welcher er namentlich die Kenntniß der Insecten von Californien, Vancouver's Insel, Oregon und anderer Districte förderte und bedeutende Sammlungen nach Cambridge schickte, starb im Frühjahre.

Cruveilhier, französischer Anatom, lange Zeit an der Pariser medicinischen Facultät thätig, starb 12. März in seiner Vaterstadt Limoges im Alter von 83 Jahren.

Emil Maximilian Dingler, geboren am 10. März 1806 in Augsburg als ältester Sohn des Apothekers Dr. Joh. Gottfried D., absolvirte das Gymnasium seiner Vaterstadt und bezog im Herbst 1822 die Universität Landshut, studirte 1824—25 am Gewerbeinstitute in Berlin und 1825—26 in Göttingen, wo er eine Preisarbeit „Ueber die Eigenschaften des Chlorkalkes und das Verhalten des Chlors zu den Hydraten der Metalloxyde" lieferte. Nachher ins elterliche Haus zurückgekehrt, promovirte er 1829 in Erlangen, unternahm dann eine längere gewerbliche Studienreise nach Frankreich, Belgien, England, Schottland, Holland und Deutschland, und trat dann Anfang 1831 in die Redaction des 1820 von seinem Vater gegründeten „Polytechnischen Journales" ein, die er 1840 (Bd. 78) in seine alleinige Hand nahm und bis Ende März 1874 (Bd. 211) fortführte. Auf dieses Unternehmen hat D. alle seine Thätigkeit concentrirt, bis Krankheit ihn nöthigte, die Redaction niederzulegen. Er starb am 9. October.

Charles T. Tyrwhitt Drake, durch seine Arbeiten über Syrien und Palästina rühmlich bekannt, starb 23 Juni in Jerusalem 28 Jahre alt.

Ferdinand Freiherr von Droste-Hülshoff, Präsident der deutschen Ornithologen-Gesellschaft, starb 21. Juli auf seinem Gute Hülshoff bei Münster.

Sir William Fairbairn, berühmter englischer Ingenieur, starb am 18. August. Geboren im Jahre 1789 in Kelso am Tweed von armen Eltern, erhielt F. seinen ersten Unterricht in der Dorfschule, wurde dann Maschinenlehrling in der Porny Main-Kohlengrube und nachher Arbeiter in verschiedenen Etablissements in London und andern englischen Plätzen; um 1817 wurde er Mitbesitzer einer Maschinenfabrik in Manchester. F. hat sich hauptsächlich durch die Einführung der Eisenconstruction beim Schiff- und Häuserbau große Verdienste erworben; er baute eiserne Schiffe in Millwall, London; sein erstes eisernes Gebäude war 1838 eine nach Constantinopel bestimmte Kornmühle. In weitern Kreisen wurde sein Name bekannt durch den

Bau der Britanniabrücke über den Menaicanal, zu der er die Idee gegeben, insbesondere den rectangulären statt des kreisförmigen Querschnittes empfohlen hatte, während Rob. Stephenson das Werk ausführte (1850). Bei den Weltausstellungen 1851 in London und 1855 in Paris gehörte er zur Jury; 1862 wurde er auf Gladstones Vorschlag zum Baronet erhoben. F. war correspondirendes Mitglied der Pariser Akademie, Mitglied der Royal Society in London ꝛc. Seine zahlreichen literarischen Arbeiten sind zum kleinen Theil selbstständig erschienen, die Mehrzahl findet sich in den Philos. Transactions, den Reports of the British Association und den Transactions of the Philos. Soc. of Manchester.

Antoine Laurent Apollinaire Fée, lange Zeit hindurch Professor an der medicinischen Facultät zu Straßburg, Präsident der Société botanique de France, verdienstvoller Botaniker, starb 85 Jahre alt am 21. Mai in Paris, wohin er sich nach der Abtretung des Elsaß an das deutsche Reich gewandt hatte.

Pius Fink, Chef der Abtheilung für Oberbau und Maschinenwesen bei der Oesterreich. Eisenbahnbau-Gesellschaft, geboren 5. März 1832 zu Sulzberg in Vorarlberg, 1850—54 Studirender des Wiener Polytechnicums, nachher in der Sigl'schen Fabrik, Assistent für Mechanik und Maschinenlehre am Wiener Polytechnicum, von Nov. 1859 bis 31. Juli 1872 im Dienste der Oesterreich. Staatsbahn-Gesellschaft, wo er u. a. unter Engerth's Leitung die bekannte Berglocomotive „Steyerdorf" entwarf, starb 16. Sept. im Bade Gleichenberg in Steyermark.

Sir Charles Fox, englischer Ingenieur, Erbauer des Londoner Ausstellungsgebäudes von 1859 und des Sydenhamer Krystallpalastes, geboren 1810 zu Derby, starb 14. Juni zu Blackheath.

Dr. C. F. Frisch, Conrector am deutschen National-Lyceum in Stockholm, um die Geographie Skandinaviens verdient, starb 27. Mai.

Vicomte Bernard Du Bus de Ghisignies, Mitglied des belgischen Senates und der belgischen Akademie der Wissenschaften, als zoologischer Schriftsteller von Bedeutung, längere Zeit Director des kgl. naturhistorischen Museums in Brüssel, starb 6. Juli in Ems.

Robert Edmond Grant, im Jahre 1793 in der Grafschaft Elgin geboren, studirte in Edinburg Medicin, promovirte 1812, machte nachher Reisen nach dem Continente, wobei er Paris, Rom, Florenz besuchte, durch Deutschland, Oesterreich und Ungarn reiste, und ließ sich 1822 in Edinburg nieder, wo er bis 1828 verschiedene zoologische Arbeiten veröffentlichte. Bei Gründung der Londoner Universität wurde er 1827 zum Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie erwählt, ein Amt, welches er im October 1828 antrat und 46 Jahre lang bis an seinen Tod bekleidet hat. Er starb am 23. August.

Johann Grimm, geboren 24. Juni 1805 zu Joachimsthal in Böhmen, starb 26. Juni auf den fürstl. Fürstenbergischen Werken zu Bras als k. k. Oberbergrath und Director der Bergakademie zu Přibram. Nach Vollendung seiner bergwissenschaftlichen Studien in Schemnitz arbeitete G. eine Zeit lang beim Bergamte in Přibram,

kam dann nach Siebenbürgen als Markscheider und begleitete 1838 den Fürsten Lobkowic auf seinen Reisen in die Bergwerksbezirke im Banat, Böhmen, Sachsen; 1840 kam er als Bergrath nach Přibram und 1850 wurde ihm die Direction der k. k. montanistischen Lehranstalt, späteren Bergakademie daselbst übertragen, wo er Geognosie, Versteinerungskunde, Lagerstättenlehre, Bergrecht, Forst- und Geschäftskunde vortrug.

Henry Grinnell, ein reicher Rheder und Kaufmann in New-York, geboren in New-Bedfort, bekannt durch die reiche Unterstützung, die er wiederholt arktischen Forschungsreisen angedeihen ließ, starb 75 Jahr alt am 30. Juni.

Hermann Guthe, geboren 22. August 1825 zu Andreasberg im Harze, nach absolvirten philologischen, mathematischen und geographischen Studien (letztere unter Ritter) von 1849—68 Lehrer in Naturwissenschaften, Mathematik, Geographie und andern Fächern am Lyceum in Hannover, von 1863 an Docent für Mathematik und Mineralogie am Polytechnicum daselbst, 1862—67 auch Lehrer der Geographie beim Cadetten-Corps, 1873 als Professor der Geographie an das Münchener Polytechnicum berufen, starb daselbst am 29. Jan. an der Cholera, der gleich nach der Ankunft in München auch Frau und Kind zum Opfer gefallen. Werke: „Die Lande Braunschweig und Hannover, mit Rücksicht auf die Nachbargebiete geogr. dargestellt.“ Hannover 1867, „Lehrbuch der Geographie“, Hannover 1868 (3. Aufl. 1874).

H. C. von Hall, Professor in Gröningen, ein verdienter Botaniker starb im Januar.

Karl Hammerschmidt (Abdullah-Bey), Professor der Zoologie und Mineralogie an der medicinischen Schule in Constantinopel, als tüchtiger Entomolog bekannt, starb 30. August in Constantinopel in seinem 75. Altersjahre an den Folgen des Sonnenstiches. H. war ein geborner Wiener, der in Folge der 1848er Ereignisse in die Türkei gehen mußte.

Peter Andreas Hansen, der Nestor der deutschen Astronomen, starb am 28. März in Gotha. Am 8. September 1795 zu Tondern in Schleswig geboren, kam H. nach der Schulzeit zu einem Uhrmacher nach Altona in die Lehre und übte nachher in seiner Vaterstadt die Uhrmacherkunst. Durch den dortigen Arzt Dr. Dirks, der seine Neigung zu mathematischen Studien entdeckte, wurde er der wissenschaftlichen Laufbahn zugeführt. Nachdem er in Kopenhagen bei Bugge mathematische Vorlesungen gehört, erhielt er 1819 bei der Gradmessung in Holstein und Lauenburg unter Schumacher eine Anstellung. Im Jahre 1826 folgte er einem Rufe als Director der durch die Thätigkeit v. Zach's und B. von Lindenau's berühmten Sternwarte auf dem Seeberge bei Gotha.

Gottlieb August Herrich-Schäffer, Doctor der Medicin und pens. Kreisgerichtsarzt, kgl. Medicinalrath, als Botaniker und Entomolog bedeutend, starb in Regensburg hochbetagt am 14. April.

Ludwig Otto Hesse, einer der ersten Mathematiker Deutschlands, starb am 4. August in München. Geboren in Königsberg am

22. April 1811, studirte H. in seiner Vaterstadt unter Bessel, Jacobi und Neumann, war 1840 bis 56 außerordentlicher Professor an der dortigen Universität, wurde dann fast gleichzeitig nach Halle und Heidelberg berufen, hielt am letzteren Orte vom Wintersemester 1856/7 bis Sommersemester 1868 Vorlesungen und wirkte seitdem am Münchener Polytechnicum. Seine letzte Ruhestätte fand er in Heidelberg.

Johann Friedrich Hessenberg, geboren 1. Juni 1810 in Frankfurt a. M., daselbst als Juwelier lebend, durch Selbststudium zu einem tüchtigen Mineralogen herangebildet, Ehrendoctor der Philosophie und Mitglied der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften, starb am 8. Juli. Vorzügliche Erwähnung verdienen seine „Mineralogischen Fragmente" 1856—73 in den Abh. der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft.

Moritz Hermann von Jacobi, geboren 21. September 1801 als Sohn eines Kaufmanns in Potsdam (sein jüngerer Bruder war der berühmte Mathematiker Karl Gust. Jacob J.), starb 10. März in St. Petersburg. J. widmete sich dem Baufache und lebte bis 1835 als Baumeister in Preußen, zuletzt in Königsberg; 1835 ging er an die Universität Dorpat als Professor der Civilbaukunst, siedelte aber schon 1837 nach Petersburg über, wo er 1839 Adjunct, 1842 außerordentliches, 1847 ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften wurde; später ward er zum wirklichen Staatsrath ernannt und geadelt, auch war er Mitglied des Manufactur-Conseils im Finanzministerium. Vorzugsweise hat sich J. durch seine Bemühungen, den Elektromagnetismus als bewegende Kraft zu benutzen, durch die Erfindung der Galvanoplastik (1839) und durch seine im Verein mit Augeraud in großem Maßstabe angestellten Versuche zur Benutzung des elektrischen Kohlenlichts bekannt gemacht. Eine große Anzahl Abhandlungen von ihm enthalten die Schriften der Petersburger Akademie; von selbstständigen Schriften sind zu nennen: Mémoire sur l'application de l'électromagnétisme au mouvement des machines (1835) und „Die Galvanoplastik" (1840).

Sir William Jardine, verdienstvoller ornithologischer Schriftsteller, Fellow der Royal Society in London, starb 74 Jahr alt am 21. November zu Sandown auf der Insel Wight.

Heinrich Andrewitsch von Jossa, russischer Generallieutenant, 25 Jahre lang Professor der Metallurgie, Salinenkunde und Bergbaukunde am Petersburger Berginstitut, alter Schüler dieser Anstalt und der Freiberger Bergakademie, starb im August in Petersburg.

Friedrich Heinrich Freiherr von Kittlitz, bekannter Ornitholog und Reisender, geboren 16. Februar 1799 in Breslau, starb 10. April in Mainz. Im Jahre 1813 ging er zum Militair, nahm 1825 als Hauptmann seinen Abschied und machte um 1826—29 auf der Corvette „Senjawin" die Lütke'sche Weltumseglung mit, über welche er nachher in Oken's „Isis", den Mémoires des savants étrangers und im Museum Senckenbergianum Bericht erstattet hat. Seitdem hat er sich hauptsächlich der Herstellung naturhistorischer Illustrationen gewidmet.

Karl Friedrich August Koppe, geboren 1803 zu Johannis-

burg in Ostpreußen, Schüler von Brandis in Breslau, Ohm, Turte und Hermbstädt in Berlin, 1826 Oberlehrer für Mathematik und Physik am Gymnasium in Marienwerder, später Professor am Gymnasium in Soest, als Verfasser mathematischer und physikalischer Lehrbücher bekannt, starb 17. November.

Otto Křisch, geboren 1843 in Panslovac in Böhmen, starb als Maschinist des „Tegethoff" auf der zweiten österreichisch-ungarischen Polar-Expedition am 16. März am Südufer des neuentdeckten Franz-Joseph-Landes.

Dr. Edwin Lankester, geboren 23. April 1814 in Melton bei Woodbridge, Suffolk, englischer Naturforscher, starb 30. October zu Margate. L. trat 1834 in's University-College, London, ein, um Medicin zu studiren, promovirte 1839 in Heidelberg, wurde 1844 Lecturer der Materia medica an der St. George's Schule, 1845 Fellow der königl. Gesellschaft, 1850 Professor der Naturgeschichte in New College, London, 1853 Lecturer für Anatomie u. Physiologie an der Grosvenor — place School of Medicine, 1858 Superintendent der Food Collection und 1862 Examinator für Botanik im Science and Art Departement des South-Kensington-Museums. Im J. 1859 wurde er Präsident der Mikroskopischen Gesellschaft und seit 1862 bekleidete er das Amt eines Coroners für Central-Middlesex. L. hat hauptsächlich über Mikroskopie geschrieben, und eine größere Anzahl deutscher Werke ins Englische übertragen.

Rev. R. T. Lowe, bekannt als Verfasser der „Flora of Madeira", verlor sein Leben beim Schiffbruche des Dampfers „Liberia" im Mai.

Johann Heinrich Mädler, geboren 29. Mai 1794 in Berlin, 1817—1828 am städtischen Lehrerseminare, von 1830 am königl. Lehrerseminare daselbst angestellt, um dieselbe Zeit in Verbindung mit Wilh. Beer mit Mondbeobachtungen beschäftigt, 1836 an der Berliner Sternwarte, 1840—1865 Director der Sternwarte in Dorpat, später im Ruhestand in Deutschland lebend, starb 14. März in Hannover. Im Verein mit Beer veröffentlichte er die Mappa selenographica, 4 Bl. Berlin 1834—36, dann die Schrift „Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen oder Allgemeine Selenographie", 2 Bde. Berlin 1837. Unter seinen späteren Schriften sind zu bemerken die „Populäre Astronomie", Berlin 1842 und „Die Centralsonne" Dorpat 1846.

Heinrich Karl Eckardt Helmuth von Maltzan, Reichsfreiherr von Wartenberg und Penzlin, durch seine Reisen nach Afrika und in den Orient bekannt, geboren 6. September 1826 auf Findlater's Villa bei Dresden, starb 22. Februar in Pisa.

Francis Mason, Missionär in Birma, geboren 2. April 1799 in York, starb 3. März in Rangun. Seine bedeutendsten Schriften sind: „Tenasserim, or Notes on the fauna, flora, minerals and nations of British Burmah and Pegu" (1852) und „Burmah, its people and natural productions" (1860).

Karl Friedrich Meißner, früher Professor der Botanik in Basel, starb daselbst nach langem Leiden im 74sten Lebensjahre 2. Mai. Er war geboren 1. November 1800 als Sohn des 1825 in Bern

verstorbenen Naturforschers A. F. Meißner, übernahm, nachdem er in Göttingen, Wien und Paris Medicin studirt hatte, das Lehramt des Vaters an der Akademie in Bern, ging aber bald nach Genf, wo er Decandolle's Umgang genoß und kam 1828 nach Basel, anfangs als Professor der Physiologie, dann an Röper's Stelle als Professor der Botanik und Director des botanischen Gartens. Sein Hauptwerk sind die „Genera Plantarum", außerdem hat er an Martius' „Flora Brasiliensis", wie an Decandello's „Prodromus" mitgearbeitet, sowie auch die Abhandlungen der Bayerischen Akademie viele Arbeiten von ihm enthalten. Sein großes Herbarium besitzt das Columbia-College in New-York.

Guérin Méneville, Generalinspector der französischen Seidencultur, Herausgeber eines zoologischen Journales und Verfasser verschiedener Schriften über die Anwendung der Naturwissenschaften auf die Landwirthschaft, starb 26. Januar.

J. Trahernee Moggridge, durch seine Werke „Harvesting Ants and Trap-door Spiders" (1873) nebst Supplement (1874) und „Contributions to the Flora of Mentone" rühmlich bekannt, starb in Mentone am 24. November, erst 32 Jahre alt.

Wenzel Mrázek, geboren 11. Mai 1826 in Přibram, seit 1862 Professor der Probir- und Hüttenkunde an der Bergakademie in Schemnitz, starb 25. Januar.

John Phillips, einer der ältesten englischen Geologen, geboren 25. Dec. 1800 zu Marden in Wiltshire als Neffe William Smith's, des Vaters der englischen Geologie, 1834 Professor der Geologie am Kings College, London, und Fellow der Royal Society, 1844 Professor der Geologie in Dublin, seit 1853 in Oxford, Mitbegründer der British Association, die im September 1831 in York ihre erste Sitzung hielt, starb 24. April in Folge eines Sturzes von der Treppe.

Constantin Pietruski, polnischer Naturforscher, starb 28. Januar in Zarnavica in Podolien.

Graf Philippe Gustave Doulcet de Pontécoulant, geboren im Jahre 1795, bedeutender Mathematiker, bis 1848 Pair von Frankreich, bis 1849 Artillerie-Oberst im Generalstabe, starb 21. Juli in Calvados. Im Jahre 1829, wenige Jahre nach dem Austritt aus der Pariser Polytechnischen Schule, begann er die Herausgabe seines 4bändigen Werkes Théorie analytique du système du monde (1829—46); außerdem verdient noch als selbstständiges Werk Erwähnung sein Traité élémentaire de Physique céleste. 2 Bde. 1840. Zahlreiche Abhandlungen von ihm beschäftigen sich mit Problemen der Mechanik des Himmels.

Georg August Pritzel, früher Archivar der kgl. preußischen Akademie der Wissenschaften und Bibliothekar an der kgl Bibliothek in Berlin, als Botaniker bekannt, starb 14. Juli in der Heilanstalt Hornheim bei Kiel.

Jacques Adolphe Lambert Quetelet, geboren 22. Feb. 1796 in Gent, 1814 Professor der Mathematik am Colleg seiner Vaterstadt, 1819 am Athenäum in Brüssel, 1820 Mitglied der Brüsseler Akademie, deren beständiger Secretär er von 1834 bis zu seinem

Tode war, seit 1828 an der von ihm gegründeten Sternwarte in Brüssel thätig, namentlich mit meteorologischen und statistischen Arbeiten beschäftigt, starb 17. Februar in Brüssel. Von seinen naturwissenschaftlichen Werken sind zu erwähnen: Sur le climat de la Belgique, 2 Bde. Brüssel 1849—57; Météorologie de la Belgique, Brüssel 1864; Sur la Physique du globe, Brüssel 1861. Am meisten ist er durch seine Arbeiten in der Statistik bekannt, wo er z. Th. neue Bahnen einschlug.

Sir George Rennie, berühmter englischer Ingenieur, geboren 2. Januar 1791, starb 3. September in Bengon, Hertfordshire. Sein Vater, John R., ein Schotte und mit Watt befreundet, machte sich durch zahlreiche Hafenbauten bekannt, seine bedeutendsten Werke aber sind die Waterloo- und die Southwarkbrücke in London. Er starb 2. October 1822. Nach des Vaters Zeichnungen baute der jüngere Rennie die neue London Bridge, nach deren Vollendung 1831 er in den Ritterstand erhoben wurde. Von seinen übrigen Arbeiten sind besonders die Drainirung der Sümpfe von Lincoln, die Hafenarbeiten in Ramsgate, sowie die Docks in Whithaven zu nennen.

Philipp Reis, Lehrer am Garnier'schen Erziehungsinstitut zu Friedrichsdorf bei Homburg, bekannt durch seine Versuche, Schallschwingungen mit Hilfe des elektrischen Stromes in größere Ferne fortzupflanzen, starb daselbst 14. Januar.

Dr. Friedrich Rochleder, Professor der Chemie an der Universität Wien, geboren 15. Mai 1819 in Wien, auf dortiger Universität zum Mediciner herangebildet, daneben unter Redtenbacher Chemie studirend, 1842 Schüler Liebig's in Gießen, 1845 Professor der Chemie an der technischen Akademie zu Lemberg, 1849 an die Prager und 1870 nach Redtenbacher's Tode an die Wiener Universität berufen, starb 5. November. Seine Hauptarbeiten betreffen das Gebiet der Phytochemie, der er zwei größere Werke (Wien 1847 u. Leipzig 1854) gewidmet hat.

Pater Poalo Rosa, durch seine Untersuchungen über die Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers (dieses Jahrb. IX, S. 33) bekannt, starb 11. Juli in Rom. Geboren am 23. Juni 1825 als Sohn des Grafen Giuseppe Rosa Antonini und der Gräfin Marianna Catucci, zeigte er schon früh entschiedene Neigung zur Mathematik. Bald nach seinem Eintritt in den Jesuitenorden nöthigten ihn die Ereignisse von 1848 zur Flucht nach Amerika, wo er auf der Sternwarte zu Georgetown unter Pater Curley seine ersten astronomischen Studien machte. Nach der Rückkehr ins Vaterland wurde er Observator auf der Sternwarte des Collegium Romanum, der er aus eignen Mitteln ein großes Aequatoreal von Merz, eine schöne Pendeluhr von Dent und verschiedene andere Instrumente schenkte. Diese Schenkung gab dem Papste Anlaß zur Gründung eines neuen Observatoriums auf der Kirche des heiligen Ignatius. R. war auch eine Zeit lang Professor am Collegium zu Ferentino, kehrte aber nach der Vertreibung der Jesuiten von da an die Sternwarte des Collegium Romanum in Rom zurück, wo er eben eine ausführliche Arbeit über die Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers beendigt hatte, als ihn der Tod nach schmerzvoller Krankheit ereilte.

François Désiré Roulin, Mitglied der Pariser Akademie und Oberbibliothekar des Instituts, geboren 4. Juni 1796 in Rennes, starb 5. Juni in Paris. R. war ein sehr vielseitiger Gelehrter, früher auch im Fach der Naturgeschichte thätig. Er veranlaßte auch die Herausgabe der Comptes rendus der Pariser Akademie (1835), die er bis zu seinem Tode besorgte.

Max Schultze, Geh. Medicinialrath und Professor an der medicinischen Facultät der Universität Bonn, als Anatom berühmt, starb 16. Januar.

August Secretan, berühmter Optiker und Constructeur astronomischer Instrumente in Paris, aus Lausanne gebürtig, starb 41 Jahre alt am Blutsturze 9. October.

Louis Seebohm, Photograph und Mitglied der amerikanischen Expedition zur Beobachtung des Venusdurchganges, welche im Juni mit der „Swatara" absegelte, starb 22. Juli in Bahia.

Leopold Sello, im Jahre 1785 in Potsdam geboren, bis 1816 Bergbeamter in Schlesien, dann bis zu seiner Pensionirung 1857 Direktor des großartigen Steinkohlenbergbaues des Nassau-Saarbrücken'schen Gebietes, starb 17. Mai als Geh. Bergrath in Saarbrücken.

Sir Francis Pettit Smith, geboren 9. Februar 1808 in Hythe, Kent, ursprünglich Landwirth, nachher Civilingenieur in London, starb im Februar. S. hat sich bekannt gemacht durch die Einführung der Schraube als Motor für Schiffe. Im Jahre 1836 erschien er auf dem Paddington-Canale und der Themse mit einem Boote, das durch eine zwischen Hintersteven und Steuerruder parallel zum Kiel gelagerte einfache Schraube mit zwei Windungen bewegt wurde. Es war dieselbe Einrichtung, welche Joseph Ressel auf seinem Boote „Civetta" getroffen hatte, mit dem er im Hochsommer 1829 bei Triest eine Probefahrt machte, die zwar mit einer 6pferdigen Maschine eine befriedigende Geschwindigkeit gab, aber in Folge des Abschmelzens eines schlecht gelötheten Dampfrohres unterbrochen werden mußte, worauf die Polizei die weiteren Fahrten untersagte. Der einzige wesentliche Unterschied zwischen den Schrauben Ressel's und Smith's bestand darin, daß ersterer nur 1½ Umgänge hatte. S. war glücklicher als Ressel; im Herbst 1836 wagte er sich mit einem Boote aufs Meer hinaus, besuchte Gravesend, Ramsgate, Dover und Folkstone und kehrte bei stürmischem Wetter wieder zurück. Die Admiralität ließ nun den Dampfer „Archimedes" nach dem Smith'schen System bauen, der seine erste Probefahrt 13. October 1839 machte. Es stellte sich bald die Unzweckmäßigkeit zweier vollen Windungen der Schraube heraus, man verkürzte daher die Schraubenflügel, nahm aber eine zweigängige Schraube. Mit der so abgeänderten Schraube umschiffte der „Archimedes" ganz England und die Schraube fand nun mehr und mehr Eingang in den Europäischen Marinen. In Nordamerika verfolgte und erreichte gleichzeitig mit S., aber unabhängig von ihm, Ericsson das gleiche Ziel.

Dr. Ferdinand Stoliczka, durch seine Erforschung des Himalaya und seine Arbeiten über die südindische Kreideformation verdienter Geolog, erlag den Beschwerden der Reise und der Kälte

auf der Rückkehr der englischen Mission unter Forsyth's Führung von Yarkand nach Indien am 19. Juni zu Murghi am Shayok zwischen dem Karakorum-Paß und Leh in Ladak. Geboren im Mai 1838 in Mähren und in Prag auf dem Gymnasium vorbereitet, studirte St. auf der Wiener Universität Naturwissenschaft und speciell Geologie. Gleich nach seiner Promotion erhielt er eine Stellung bei der geologischen Reichsanstalt, in welchem Amte er sich namentlich durch seine Arbeiten über Bryozoen bekannt machte. Im Jahre 1862 wurde er durch Dr. T. Oldham nach Indien berufen, wo er Paläontolog der geologischen Landesaufnahme wurde. Als solcher beschrieb er die Kreidefossilien Südindiens in der „Palaeontologia Indica" und machte 1864 und 65 zwei Reisen nach dem westlichen Tibet. Seit 1868 war er auch Secretär der Asiatic Society of Bengal, in deren Schriften er eine Anzahl zoologischer Arbeiten veröffentlicht hat. Im Jahre 1873 schloß er sich der Forsyth'schen Gesandtschaft nach Kaschgar als Geolog an, besuchte mit Oberst Gordon und Cap. Trotter von Kaschgar aus den Tschatyr-kul im Tianschan, ging dann über die Pamir nach Wachan und wieder zurück, starb aber auf der Heimreise.

Barnaba Tortolini, berühmter italienischer Mathematiker, geboren am 19. November 1808 in Rom, 1834 Professor am Collegio Urbano de Propaganda Fide, später an der Sapienza, starb 31. August in Ariccia am Schlagflusse. Mit Betti und Brioschi veröffentlichte er seit 1858 die Annali di matematica pura ed applicata, die zahlreiche Arbeiten von ihm enthalten.

Friedrich Albert Treuding, geboren 18. August 1805 in Magdeburg, längere Zeit beim Straßen- und Wasserbau beschäftigt, 1843 Hafeninspector in Kiel, 1846 Stadtbaurath in Magdeburg, 1851 bis 1. Juli 1874 Professor des Wasser- und Brückenbaues an der polytechnischen Schule in Hannover, starb am 23. October in Ballenstedt am Harze.

Vautier, Professor der Mathematik an der Militärschule in Brüssel, starb im December.

Hermann Vogelsang, Professor der Mineralogie nnd Geologie am Polytechnicum in Delft, starb daselbst am 6. Juni. Im Jahre 1838 in Minden geboren, war V. ursprünglich im Siegen'schen und Saarbrückener Gebiet im Bergfach thätig, studirte dann von 1858 in Bonn, machte 1861—62 eine wissenschaftliche Reise durch Südfrankreich, Italien, Corsica und habilitirte sich 1864 in Bonn als Privatdocent, verließ aber diese Stellung bald, um nach Delft überzusiedeln. Seine Arbeiten beziehen sich vorzugsweise auf die mikroskopische Mineralogie, insbesondere hat er sich auch längere Zeit mit der mikroskopischen Untersuchung der Meteoriten beschäftigt.

William Parkinson Wilson, früher Fellow von St. Johns in Cambridge, England, seit 1855 Professor der Mathematik an der Universität Melbourne, starb daselbst 11. December.

Jeffries Wymann, durch seine biologischen Arbeiten verdienter Forscher, geboren 11. August 1814 in Chelmsford, Massachusetts, 1839 nach Vollendung seiner medicinischen Studien und mehrjährigem Aufenthalte in Paris Curator des Lowell-Instituts in

Boston, 1844 Professor der Anatomie und Physiologie an der medicinischen Schule zu Richmond in Virginien, 1847—66 Nachfolger des Dr. Warren als Professor der Anatomie an der Harward-Universität, starb am 4. October in Bethlehem, New-Hampshire. In seiner Stellung an der Harward-Universität hatte er Gelegenheit mit Hilfe der von Dr. Savage aus Afrika gebrachten Materialien zum ersten Male den Gorilla genauer zu beschreiben. Als das Peabody-Museum für Amerikanische Archäologie und Ethnologie in's Leben trat, wurde W. mit der Leitung desselben beauftragt; der siebente Jahresbericht dieser Anstalt war seine letzte Arbeit. Die meisten seiner Arbeiten finden sich im Journal und den Proceedings der Boston Natural History Society, deren Präsident er lange Jahre hindurch war, sowie in den Smithsonian Contributions to Knowledge.

Johann Wilhelm Zetterstedt, bedeutender Entomolog, geboren 20. Mai 1785 auf einem Landgute in der schwedischen Provinz Oestergothland, starb 23. December. Nach Absolvirung des Gymnasiums zu Linköping bezog er 1805 die Universität Lund, wo er drei Jahre später promovirte und Docent der Botanik und Adjunct in der Naturgeschichte wurde. Freundschaft mit dem Entomologen Fallén führte ihn zum Studium der Insekten. 1811 und 1817 besuchte er Oeland, 1819 und noch einmal 1841 Gothland, 1821 ging er mit Fries nach dem äußersten Norden Scandinaviens. Von 1839 bis 53 war er Professor der Botanik und Oekonomie in Lund, dann trat er in den Ruhestand. Von seinen Schriften sind zu nennen die „Orthoptera Sueciae“ (1821), Fauna insectorum Lapponica“ (1828), „Monographia scatophagarum Scandinaviae“ (1835), „Insecta Lapponica“ (1838—40), Diptera Scandinaviae“ (1842—62).

Anton Eduard Zhishman, Direktor der k. k. Handels- und nautischen Akademie in Triest, durch seine Arbeiten über die Inseln St. Paul und Neu-Amsterdam, sowie über die Nikobaren (in den Mitth. der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien, 1857 und 58) um die Geographie verdient, starb am 8. Februar im Alter von 52 Jahren.

Nachtrag für 1873.

Francis Garnier, durch seine Reisen in Cochinchina und China bekannter französischer Marine-Offizier, geboren 25. Juli 1839, wurde am 31. December 1873 in Hanoi in Tongking ermordet.

Friedrich Paschen, mecklenburgischer Geh. Canzleirath, als Mathematiker und Astronom bekannt, geboren 1804 in Schwerin, starb daselbst in der Nacht vom 23. zum 24. August 1873. In weitern Kreisen bekannt wurde P. zuerst durch die 1858 im Verein mit Peters in Altona ausgeführte Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen Schwerin und Altona durch elektrische Signale. Ferner nahm P. an der europäischen Gradmessung Theil und war Mitglied der vom deutschen Reich für die Beobachtung des Venusdurchganges niedergesetzten Commission.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.